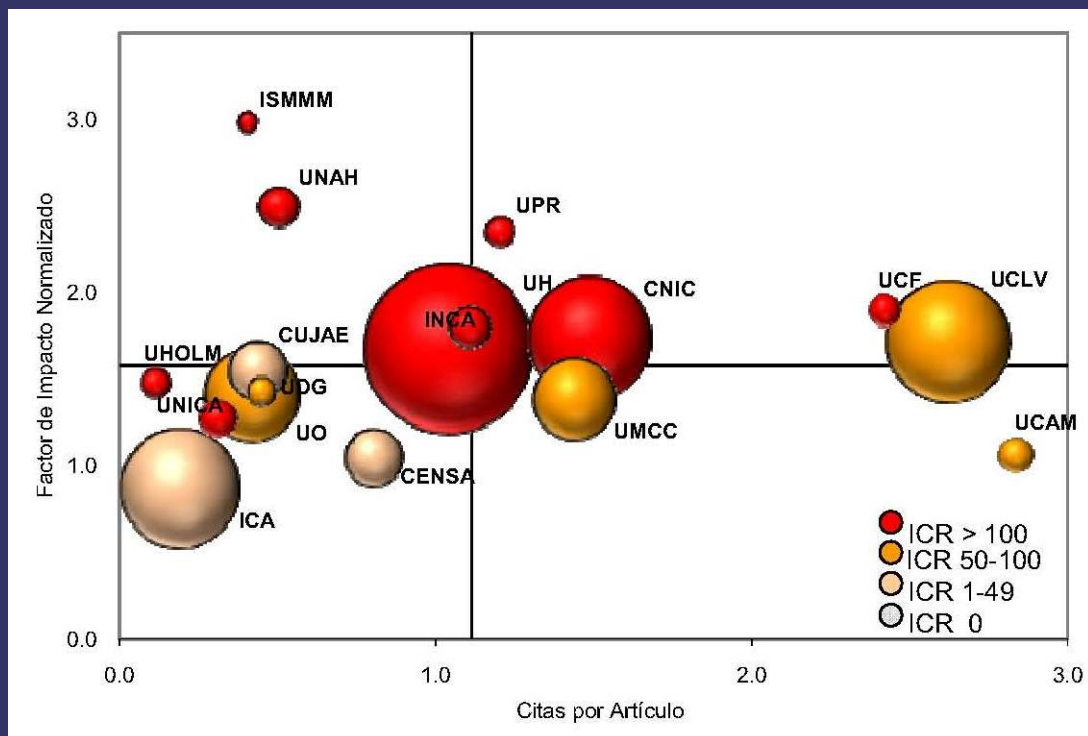


Visibilidad internacional de la Educación Superior cubana (2004/06)



Ricardo Arencibia Jorge

Félix de Moya Anegón

Visibilidad internacional de la Educación Superior cubana (2004/06)

Análisis relacional de indicadores de producción, impacto y
colaboración científica en revistas de corriente principal

Visibilidad internacional de la Educación Superior cubana (2004/06)

Análisis relacional de indicadores de producción, impacto y
colaboración científica en revistas de corriente principal

Ricardo Arencibia Jorge

Félix de Moya Anegón



020-Are-V

Visibilidad internacional de la Educación Superior cubana en el período 2004/06: Análisis relacional de indicadores de producción, impacto y colaboración científica en revistas de corriente principal / Ricardo Arencibia Jorge y Félix de Moya Anegón. Ciudad de La Habana: Editorial Universitaria, 2008. ISBN 978-959-16-0656-3. -- 158 pág.

1. Arencibia Jorge, Ricardo
2. Moya Anegón, Félix de
3. Cienciometría
4. Indicadores cienciométricos

Edición: Ricardo Arencibia Jorge

Corrección: María Elena Jorge González



© Ricardo Arencibia Jorge y Félix de Moya Anegón, 2008

Ministerio de Educación Superior, 2008

Editorial Universitaria, 2008

La Editorial Universitaria publica bajo licencia *Creative Commons* de tipo *Reconocimiento No Comercial Sin Obra Derivada*, se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de las obras y no realice ninguna modificación de ellas. La licencia completa puede consultarse en:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/legalcode>

ISBN 978-959-16- 0656-3

Editorial Universitaria

Calle 23 entre F y G, No. 564

El Vedado, Ciudad de La Habana

Cuba CP 10400

e-mail: torri@reduniv.edu.cu

Sitio Web: <http://revistas.mes.edu.cu>

Est modus in rebus

QUINTO HORACIO FLACO (65-8 AC)

Las Sátiras, Libro I, Versículo 196

Agradecimientos

Pretender agradecer en pocas palabras a todas las personas e instituciones que, directa o indirectamente, han contribuido a la realización de la presente monografía, resultaría una tarea poco menos que imposible de llevar a cabo. No obstante, se hace necesario destacar a los imprescindibles:

Al programa doctoral sobre Documentación e Información Científica y Técnica desarrollado por la Universidad de Granada (España) en conjunto con la Universidad de la Habana; en especial, a todo el claustro de profesores españoles y cubanos, y a todos los alumnos que tuvieron el privilegio de integrar su primera edición.

Al proyecto Red de Estudios Cienciométricos sobre la Educación Superior (REDEC), desarrollado por el Centro Nacional de Investigaciones Científicas; especialmente, a los miembros de su grupo gestor, y a los que han colaborado con el mismo desde su iniciación en el año 2006.

Al Centro Nacional de Investigaciones Científicas; principalmente, a su director, a los miembros del Departamento de Información Científica, y a todos los que revisaron el manuscrito y ofrecieron valiosas opiniones y apoyo incondicional.

A todos los integrantes del Grupo de investigación SCImago, de la Universidad de Granada; así como a los especialistas de la Dirección de Ciencia y Técnica del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba.

Y a todos los colegas que, de una u otra forma, contribuyeron al desarrollo de la investigación; fundamentalmente, a Juan Antonio Araujo Ruiz, Rosa Lidia Vega Almeida, Yohannis Martí Lahera, Raúl Torricella Morales, Ronald Rousseau, Beatriz García Delgado, María Teresa Pérez Lariño y Víctor Herrero Solanas.

Índice

Introducción.....	9
Objetivo General:	11
Objetivos Específicos:	12
Capítulo 1	13
Aproximación a la historia de la Educación Superior en Cuba	13
1.1. Génesis de la Educación Superior en Cuba	13
1.2. La Educación Superior tras el advenimiento de la República Neocolonial	14
1.3. La Educación Superior tras el triunfo de la Revolución en 1959.....	15
1.4. La Educación Superior Cubana posterior a la Crisis de los 90's	16
Capítulo 2	19
Consideraciones teóricas	19
2.1. Reflexiones en torno a la evaluación de la investigación científica.....	19
2.2. Cantidad versus Calidad de la investigación	23
2.3. Valor cualitativo del análisis de citas: el Impacto de una investigación .	26
2.4. Indicadores bibliométricos y cienciométricos con fines evaluativos	28
2.5. Redes de colaboración: una nueva perspectiva del desarrollo científico	32
2.6. Indicadores cienciométricos y Análisis de Dominio	36
Capítulo 3	40
La producción científica del Ministerio de Educación Superior: Metodología para su estudio	40
3.1. Premisas a tener en cuenta en el desarrollo de la investigación	40
3.2. Caracterización del Dominio	42
3.3. Consideraciones en torno al Web of Science como fuente de información para el análisis del dominio.....	45
3.4. Determinación del nivel de agregación	47
3.4.1. Distribución temporal.....	47
3.4.2. Distribución temática	47
3.4.3. Distribución geográfica.....	49
3.5. Búsqueda, recuperación y procesamiento de la información.....	50
3.6. Sistema de indicadores.....	52
3.6.1. Indicadores de producción	53
3.6.2. Indicadores de impacto	55
3.6.2.1. Dimensión cualitativa basada en el impacto esperado.....	55
3.6.2.2. Dimensión cualitativa basada en el impacto real.....	58
3.6.2.3. Representaciones multivariadas	59
3.6.3. Indicadores de colaboración	60
3.7. Consideraciones finales para el análisis del dominio MES y limitaciones del estudio	62
Capítulo 4	64
Caracterización de la Producción Científica de las Instituciones adscritas al Ministerio de Educación Superior.....	64
4.1. Características generales de la producción científica cubana y del MES	64
4.2. Indicadores de producción durante el período 2004-2006.....	65
4.3. Tipología documental.....	68

4.4. Distribución idiomática	69
4.5. Indicadores cualitativos.....	71
4.7. Indicadores cualitativos generales según perfil temático	80
Capítulo 5	84
Perfil Temático de la Producción Científica de las Instituciones adscritas al Ministerio de Educación Superior.....	84
5.1. Consideraciones generales	84
5.2. Ciencias Químicas	86
5.3. Ciencias Médicas.....	88
5.4. Ciencias Biológicas.....	91
5.5. Agricultura y Ciencias de la Alimentación	93
5.6. Física y Ciencias del Espacio	95
5.7. Ingenierías	97
5.8. Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información.....	99
5.9. Matemática y Estadística	100
5.10. Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente	102
5.11. Ciencias Sociales y Humanidades.....	104
5.12. Consideraciones finales.....	105
Capítulo 6	107
Análisis de la Colaboración Científica Internacional en las Instituciones adscritas al Ministerio de Educación Superior.....	107
6.1. La colaboración internacional: estrategia nacional	107
6.2. La colaboración internacional en el Ministerio de Educación Superior	109
6.3. Tipología e Impacto de la colaboración internacional por campos temáticos	115
6.4. Países más colaboradores	119
6.5. Países más colaboradores por campos temáticos	125
6.5.1. Ciencias Químicas	125
6.5.2. Ciencias Médicas	127
6.5.3. Ciencias Biológicas	129
6.5.4. Agricultura y Ciencias de la Alimentación	131
6.5.5. Física y Ciencias del Espacio.....	133
6.5.6. Ingenierías	134
6.5.7. Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información	136
6.5.8. Matemática y Estadística	137
6.5.9. Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente.....	138
6.5.10. Ciencias Sociales y Humanidades	140
6.6. Consideraciones finales.....	142
Conclusiones.....	144
Bibliografía	146

Introducción

Con el advenimiento del Siglo XXI, ha comenzado a manifestarse en el sector universitario internacional una fuerte tendencia hacia el establecimiento de programas de evaluación continua de todas sus actividades, tanto de los planes de estudio y profesores, como de los proyectos de investigación y de la actividad científica.

Los sistemas de Educación Superior en el mundo, gradualmente y con diferentes formas y niveles de ejecución, han comenzado a implementar mecanismos para la evaluación cualitativa de sus instituciones, y a percibir que la misma resulta indispensable para garantizar la fortaleza de los sistemas.

En ese sentido, la evaluación de la producción científica de las universidades ha comenzado a valorarse como una importante herramienta para impulsar y desarrollar las actividades de Ciencia y Técnica, y para el mejoramiento de la visibilidad internacional de las instituciones, y de la calidad de los claustros de profesores e investigadores.

La Educación Superior cubana no constituye la excepción. Sin embargo, ante las dificultades existentes para impulsar la producción científica con la misma dinámica para todas las instituciones universitarias, se ha hecho necesario la revisión crítica de algunos de los indicadores que actualmente se examinan, y valorar la aplicación de nuevos métodos que complementen la actividad evaluativa, y ofrezcan información que permita el examen multidimensional de los procesos de Investigación + Desarrollo + Innovación (I+D+I) que se llevan a cabo en las universidades, y una acertada toma de decisiones en los procesos de planificación estratégica.

Recientemente, en Julio de 2006, fue aprobado por el Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba (MES) un proyecto denominado *Red de Estudios Cienciométricos sobre la Educación Superior Cubana* (Proyecto REDEC), que tiene entre sus principales objetivos la realización de estudios que permitan analizar cuantitativa y cualitativamente el comportamiento de la producción científica, así como de los diferentes indicadores de Ciencia y Técnica de las instituciones pertenecientes al MES.

Entre las tareas incluidas en el cronograma de ejecución del proyecto, está la elaboración de indicadores bibliométricos y cientiométricos, y la utilización de nuevas técnicas para el procesamiento y visualización de la información, con vistas a realizar un análisis del comportamiento de los Centros de Educación Superior (CES) y Unidades de Ciencia y Técnica (UCT) adscritas al MES.

La presente monografía, resultado preliminar de un proyecto de tesis del Programa Doctoral sobre Documentación e Información Científica que de manera conjunta se lleva a cabo entre las universidades de Granada (España) y La Habana (Cuba), es a su vez el primer informe general del Proyecto REDEC, que tiene como antecedentes varios estudios realizados por el Departamento de Información Científica y Técnica del Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) para la Dirección de Ciencia y Técnica del MES.

El análisis del desarrollo de la investigación en las instituciones adscritas al Ministerio, así como su proyección internacional durante el período 2004-2006, de acuerdo con el estudio bibliométrico de los trabajos publicados en revistas de *corriente principal*, constituyen los aspectos principales a discutir en el informe.

La monografía se estructura en seis capítulos. El primer capítulo, basado en informes previos realizados por especialistas del MES, realiza una breve aproximación histórica al desarrollo de la Educación Superior en Cuba. El segundo, por su parte, recoge un conjunto de consideraciones teóricas en torno a la evaluación de la investigación científica desde la perspectiva cientiométrica. Y el tercero, enumera una serie de premisas a tener en cuenta en el desarrollo de la investigación, y describe la metodología empleada para el estudio de la producción científica del MES.

Los capítulos cuatro, cinco y seis exponen los resultados del estudio bibliométrico. En el cuarto capítulo, se hace un recuento de los principales estudios métricos que han abordado la actividad científica nacional, y se caracteriza la producción científica de las instituciones adscritas al Ministerio de manera general, a través de indicadores de producción e impacto. En el quinto, se analiza el perfil temático de la producción científica, y se compara la especialización temática de cada CES y UCT con el impacto alcanzado por su

actividad investigativa en cada campo temático. Finalmente, el sexto capítulo constituye un estudio de la colaboración internacional identificada en la producción científica del Ministerio, en el que se emplean los indicadores de producción e impacto para determinar los principales países colaboradores con las instituciones adscritas al Ministerio, y se identifican aquellos países con los cuales la colaboración aporta una mayor visibilidad internacional, tanto de manera general como en cada campo temático.

Los resultados que se presentan, eminentemente descriptivos, no pretenden establecer *rankings* ni emitir juicios valorativos absolutos sobre la calidad de la investigación, que sólo pueden realizarse tras un análisis multifactorial del ambiente organizativo y los objetivos estratégicos de la política de Ciencia y Técnica que se diseñó para el período, y teniendo en cuenta otros indicadores socioeconómicos que por razones de tiempo no se incluyeron en el estudio.

Se trata, simplemente, de caracterizar la producción científica del MES con mayor visibilidad internacional, identificar los frentes de investigación que mayor impacto han alcanzado, y analizar los patrones de colaboración científica internacional que se ponen de manifiesto, utilizando uno de los indicadores de impacto científico tecnológico definidos en la política de evaluación del MES para cada CES y UCT: la publicación de artículos en revistas incluidas en las bases de datos del *Institute for Scientific Information* (ISI) de Filadelfia, Estados Unidos.

Los resultados, a su vez, constituyen la primera etapa de un trabajo que persigue el análisis a nivel macro de la producción científica cubana en *corriente principal*, en colaboración con el grupo de investigación SciMago, de la Universidad de Granada.

Por tanto, la presente monografía se ha trazado como

Objetivo General:

- ❖ Analizar el dominio de la Educación Superior cubana, a través del comportamiento de los indicadores de producción, impacto y colaboración científica de los CES y UCT adscritas al MES durante el período 2004-2006, en revistas de *corriente principal*.

Y como

Objetivos Específicos:

- ❖ Describir el comportamiento de la producción científica de las instituciones adscritas al MES en revistas de *corriente principal*;
- ❖ Determinar y caracterizar los frentes de investigación más exitosos y visibles a nivel internacional; y
- ❖ Visualizar e interpretar, a través de técnicas de análisis de redes sociales, los principales indicadores de impacto y colaboración científica internacional que caracterizan la actividad investigativa de las universidades cubanas.

Capítulo 1

Aproximación a la historia de la Educación Superior en Cuba

1.1. Génesis de la Educación Superior en Cuba

La Historia de la Educación Superior en Cuba comenzó a gestarse a partir del Siglo XVIII, cuando el 5 de enero de 1728 la Orden de los Hermanos Predicadores de Santo Domingo fundó la Real y Pontificia Universidad de San Gerónimo de La Habana, utilizando como sede el Convento de San Juan de Letrán. Fruto de una época caracterizada por el fortalecimiento en la isla del dominio colonial español, la incipiente formación universitaria no podía escapar de las características de su momento, al heredar la rígida estructura de la educación eclesiástica, rectora a su vez de los principales colegios y seminarios que impartían la enseñanza en el país, como el Colegio Seminario de San Carlos y San Ambrosio de La Habana, y el Seminario de San Basilio en Santiago de Cuba (DE ARMAS *et al.*, 1984)

Desde fines del siglo XVIII, un grupo de cubanos entre los que sobresalen Francisco de Arango y Parreño, José Agustín Caballero y Tomás Romay Chacón, comenzaron a fraguar movimientos para reformar y modernizar los estudios universitarios en Cuba, en una época marcada por la influencia del pensamiento ilustrado francés y el triunfo revolucionario en ese país. Ya a comienzos del siglo XIX, el quehacer intelectual y político cubano se vio enriquecido por la labor de hombres ilustres como Félix Varela, José Antonio Saco, José de la Luz y Caballero, Felipe Poey y Domingo del Monte, quienes, con la ayuda de Juan José Díaz de Espada y Fernández de Landa — entonces Obispo de La Habana, quien fuera profundamente antiesclavista, antilatifundista, crítico de la oligarquía y promotor de importantes movimientos intelectuales y sociales—, comprendieron que la enseñanza universitaria que se ofrecía, réplica de la que se impartía en la Península, no ofrecía alternativa alguna a las necesarias transformaciones que exigía el país (MES, 1984; TORRES CUEVAS y LOYOLA VEGA, 2001).

Si bien estos esfuerzos y otros muchos a todo lo largo del siglo XIX no obtuvieron grandes resultados, debido en parte a la activa participación de

estudiantes y profesores universitarios en los movimientos independentistas –aspecto que necesariamente influyó en el poco apoyo de la metrópoli española a las reformas universitarias–, al menos se logró su secularización en 1842, así como la apertura de cátedras de Medicina, Cirugía, Farmacia y Jurisprudencia. A pesar del difícil contexto en que se desarrollaron, estos movimientos reformistas dieron un gran impulso a la ciencia, facilitaron el montaje de laboratorios, desataron el entusiasmo por los experimentos, otorgaron un lugar privilegiado al estudio de la Física y la Química, desarrollaron en Cuba el espíritu de indagación científica, y pretendieron que el concepto de ilustración fuera un atributo de la nacionalidad cubana (GARCÍA DEL PORTAL, 2003).

1.2. La Educación Superior tras el advenimiento de la República Neocolonial

Con el advenimiento del siglo XX, después de la ocupación militar de los Estados Unidos y el surgimiento de la República, comenzaron a fraguarse nuevas reformas universitarias bajo la dirección de Enrique José Varona, destacado educador e intelectual, quien señaló la necesidad de que los estudios universitarios estuvieran más a tono con los requerimientos de la nación, y abogó por la inclusión de planes de formación de agrónomos e ingenieros, el desarrollo de una enseñanza práctica y experimental, y el aumento de las matrículas de estudiantes y de profesores. Inspiradas en las más modernas concepciones del pensamiento positivista en la enseñanza superior, sus ideas, sin embargo, tampoco se hicieron realidad en el seno de la nueva sociedad neocolonial, dependiente en lo económico y lo político del naciente imperialismo norteamericano (TEJA PÉREZ *et al.*, 2004).

Durante los primeros años de la década del 20, los movimientos estudiantiles comenzaron a impulsar numerosas reformas universitarias. Entre los jóvenes líderes de esos movimientos se encontraría Julio Antonio Mella, fundador de la Federación Estudiantil Universitaria (FEU), quien imprimió un profundo carácter político a la lucha estudiantil, y vislumbró la necesidad de una revolución social para lograr la verdadera reforma universitaria y el fin del sistema rutinario,

verbalista y memorístico que caracterizaba la enseñanza superior de la época. Durante las décadas siguientes, si bien no hubo muchos cambios universitarios en el plano académico, la participación de los movimientos estudiantiles universitarios en las luchas sociales y políticas del país fue significativa (GARCÍA DEL PORTAL, 2003).

La creación de la Universidad de Oriente en 1947 y de la Universidad Central de Las Villas en 1952, sumaron a otras provincias en la vida universitaria del país. Sin embargo, la matrícula de estas tres universidades estatales apenas rebasaba los 15 000 estudiantes, no poseían una estructura interna que condicionara su desarrollo, y salvo aislados casos excepcionales, apenas se promovía la investigación científica entre los profesores y estudiantes.

1.3. La Educación Superior tras el triunfo de la Revolución en 1959

Los principales avances en la Educación Superior cubana comenzaron a fraguarse a partir del Triunfo de la Revolución, en enero de 1959, cuando fue declarado el carácter gratuito y democrático de la educación en Cuba, y se hicieron extensibles todos los estudios, incluidos los universitarios, a todos los ciudadanos cubanos, independientemente de su raza, sexo, credo religioso o procedencia social.

En enero de 1962, una vez culminada la campaña de alfabetización de la población, el gobierno revolucionario realiza la Reforma Universitaria, hecho que impulsó como nunca antes el desarrollo de la Educación Superior en Cuba. La reforma modificó el régimen de gobierno universitario, reorganizó la estructura de las universidades, inició el desarrollo de la investigación científica, y creó un nutrido grupo de nuevas carreras. La fundación de un sistema de becas universitarias permitió el cambio de la estructura de la matrícula de acuerdo con las necesidades del país; y el afán por vincular el subsistema educacional con el desarrollo económico social de la nación condicionó el surgimiento, en julio de 1965, del Centro Nacional de Investigaciones Científicas, primer centro de investigaciones creado a tal efecto, al cual se incorporarían diversos grupos multidisciplinarios de investigaciones, integrados por profesores y estudiantes universitarios, que darían origen a instituciones

como el Instituto de Ciencia Animal (ICA), en Centro Nacional de Salud Animal (CENSA) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INCA), entre otros (GARCÍA DEL PORTAL, 2003).

Durante la década del 60, la matrícula en las universidades creció en 10 mil estudiantes, y en la siguiente década alcanzaría la cifra de 155 000. En Noviembre de 1972, se creó el Centro Universitario de Camagüey, que se convertiría en mayo de 1975 en la primera universidad surgida tras el triunfo revolucionario, génesis a su vez del surgimiento de múltiples CES, que tuvieron como fin la extensión de la enseñanza universitaria a las diferentes regiones del país.

En julio de 1976, teniendo en cuenta el crecimiento experimentado y la importancia estratégica del desarrollo universitario, se creó el Ministerio de Educación Superior, con la misión de aplicar la política educacional en este nivel y dirigirla metodológicamente, iniciándose una profunda reestructuración de la enseñanza universitaria en el país. A partir de entonces, se expandió aún más el sistema de educación superior, apoyado en la voluntad política estatal, y en los importantes lazos de colaboración establecidos con los países del antiguo campo socialista, los cuales permitieron complementar la formación académica de los principales investigadores en múltiples ramas del saber (GARCÍA DEL PORTAL, 2003).

1.4. La Educación Superior Cubana posterior a la Crisis de los 90's

La desaparición del campo socialista significó para Cuba el comienzo de una profunda etapa de crisis, de la cual no estuvo exento el sistema de educación superior. La pérdida de los principales mercados, la drástica reducción de la capacidad de importación y la brusca caída del Producto Interno Bruto (PIB), conjuntamente con la intensificación del bloqueo impuesto por el gobierno de los Estados Unidos, provocaron la reducción del presupuesto destinado a la educación superior y dificultaron ostensiblemente la obtención de insumos de extraordinaria importancia como reactivos, materiales didácticos y de laboratorios, acceso a fuentes de información, entre otros (SANTOS GUTIÉRREZ y ALPÍZAR SANTANA, 2003).

No obstante, la propia contracción económica exigió la participación activa de las universidades y centros de investigación en la reanimación gradual del país, a través de la formación integral de sus profesionales y su superación posgraduada, el perfeccionamiento y desarrollo de sus programas de estudio, y su contribución a la solución de problemas científico-tecnológicos (FERNÁNDEZ CAMINO y GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, 2003).

La nueva y compleja década exigió el planteamiento de un nuevo paradigma: la universidad como centro de investigación, donde el modelo de universidad científica y tecnológica fuera también más “productivo”, a partir del impacto de sus resultados en las esferas económica, social, ambiental, científica y cultural, tanto en términos estratégicos como de innovación.

De esta forma, se profundizó en la concepción de la Ciencia y la Técnica como premisa del desarrollo económico social, lo que favoreció el surgimiento de nuevos centros de investigación en las instituciones universitarias, la identificación de líneas y objetivos de investigación priorizados, la intensificación de la relación Economía-Universidad-Sociedad, y el fomento de la colaboración científico-técnica a nivel nacional e internacional. Todo esto redundó en la obtención de importantes resultados en la actividad científico-investigativa, y en la obtención de ingresos para su autogestión (FERNÁNDEZ CAMINO y GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, 2003).

La utilización de indicadores de desempeño relativos al potencial científico de las instituciones de educación superior —agrupados en cinco áreas: a) de relevancia, b) de ciencia c) de tecnología d) de impacto y e) de pertinencia—, fue otro de los factores que contribuyó a la estructuración de un sistema de Investigación + Desarrollo + Innovación (I+D+I) basado en el mejoramiento continuo a través de la evaluación sistemática del conjunto de indicadores de salida (*output*) del proceso de creación e innovación tecnológica. Este principio no hizo más que enriquecer los postulados esenciales de la política de investigación del Ministerio, que pone de manifiesto lo esencial del resultado científico y su aplicación práctica, la necesidad de concentrar recursos, liderar proyectos de importancia, y establecer relaciones con organismos de producción y servicios (VARGAS JIMÉNES y ALMUIÑAS RIVERO, 2003).

El modelo cubano de universidad científica y tecnológica, en el siglo XXI, paralelamente al proceso de universalización que ha revolucionado su

estructura docente-educativa, está orientado a la investigación para la solución de problemas con pertinencia, impacto y consecuencia tecnológica en función de los intereses del desarrollo socioeconómico del país, utilizando como estrategias clave la flexibilidad organizativa, la cooperación nacional e internacional, y la búsqueda de recursos materiales y financieros por las más diversas vías (MARTÍN SABINA *et al.*, 2003).

Por tanto, constituyen pilares para la consecución de esos objetivos la proyección científica de sus instituciones, la generación de registros y patentes de nuevos productos y tecnologías, y la producción científica en revistas nacionales e internacionales, específicamente aquellas de mayor visibilidad internacional que forman parte de la llamada “corriente principal de la Ciencia”, las cuales constituyen el objeto de estudio de la presente monografía.

Capítulo 2

Consideraciones teóricas

2.1. Reflexiones en torno a la evaluación de la investigación científica

El análisis y la evaluación de la información y el conocimiento resultante de la actividad científica es un elemento imprescindible para todos los programas de investigación pública, tecnología y desarrollo que se implementan en una sociedad; y es allí donde la Ciencia de la Información brinda una ayuda inestimable, al desarrollar técnicas e instrumentos para medir la producción de conocimiento y su transformación en bienes.

Las disciplinas métricas de la información (Bibliometría, Cienciometría e Informetría) han permitido el desarrollo de indicadores que, al margen de ventajas y limitaciones ampliamente debatidas (DEBACKERE y GLANZEL, 2004; GEISLER, 2005; KOSTOFF, 2001; NEDERHOF, 2005; SNIZEK, 1995), y sobre todo cuando son producto de un análisis multifactorial del contexto donde son aplicados (HJORLAND, 2002; NAGPAUL y ROY, 2003; VAN RAAN, 2005), constituyen herramientas clave en la gestión de la política científica y tecnológica, y en los procesos de toma de decisiones estratégicas.

En términos generales, los indicadores representan una medición agregada y compleja que permite describir o evaluar un fenómeno, su naturaleza, estado y evolución (MARTÍNEZ y ALBORNOZ, 1998). La Ciencia es un proceso social, y las acciones y conductas de los científicos dependen del contexto (MACÍAS CHAPULA, 2001). Los indicadores de Ciencia y Técnica, como constructos sociales, miden aquellas acciones sistemáticas relacionadas con la generación, difusión, transmisión y aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos. Así mismo, los indicadores bibliométricos constituyen una de las herramientas más utilizadas para la medición del producto de la investigación científica, ya que la documentación (independientemente del tipo de soporte) es el vehículo más prolífico y exitoso para la transferencia del conocimiento científico, conjuntamente con su transferencia oral por medio de conferencias y comunicaciones personales (RUSSELL, 2004).

Partiendo de la convicción de que las publicaciones son el principal medio de comunicación y difusión de los resultados de las actividades científicas (SANCHO, 1990), la producción científica de un país o institución es el conjunto de sus trabajos publicados, en tanto resultados de un proceso de investigación, y los indicadores bibliométricos las medidas que proveen información sobre esos resultados (SPINAK, 1996).

Desde la segunda mitad del pasado Siglo XX, los estudios bibliométricos y de evaluación de la actividad científica son parte indisoluble de las publicaciones sobre Ciencia y Tecnología elaboradas periódicamente en los países desarrollados (BENCE y OPPENHEIM, 2004; CARPENTER *et al.*, 1988; KOSTOFF, 1995; WARNER, 2000). Entre estas publicaciones se destacan los *Science & Engineering Indicators*, elaborados por primera vez en 1972 por el *National Science Board* de Estados Unidos, los *Science & Technologie Indicateurs* del *Observatoire des Sciences et des Techniques* de Francia, publicados cada dos años desde 1994, y los *European Reports on S&T Indicators*, editados por la Comisión Europea, en su tercera versión en el 2003 (CINDOC, 2005).

De igual forma, son conocidos los trabajos del *Centre for Science and Technologies Studies* (CTWS) de la Universidad de Leiden, Holanda (VAN LEEUWEN *et al.*, 2003), *Science and Technology Policy Research* de la Universidad de Sussex en el Reino Unido (MARTIN, 1996), *Computer Horizons Inc.* (CHI) en los Estados Unidos (MOED, 2006), *Information Science and Scientometric Research Unit* (ISSRU) en Hungría (BRAUN y SCHUBERT, 1997; GLANZEL, 1996); así como las experiencias de la península ibérica a través de los estudios llevados a cabo por el Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (GÓMEZ CARIDAD *et al.*, 2004), y más recientemente el sistema de indicadores creado para la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) por investigadores del grupo Scimago (FECYT, 2004); y también las acciones realizadas por el Ministerio de Ciencia y Técnica de Brasil, el cual ha desarrollado proyectos de indicadores con amplia aceptación entre la comunidad académica (NEGRAES BRISOLLA, 2000).

Para la región iberoamericana, la constitución de la Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología (RICYT), que celebra anualmente un Taller de Ciencia y Tecnología y presenta un informe anual denominado *El estado de la Ciencia: principales indicadores de ciencia y tecnología iberoamericanos e interamericanos*, ha marcado pautas en el reconocimiento e impacto del quehacer científico de los países de la región, aunque en materia de indicadores bibliométricos que demuestren la realidad científica y tecnológica de manera general todavía queda mucho por hacer (RICYT, 2006).

En Cuba, las actividades científicas y tecnológicas se desarrollan, en lo fundamental, en una amplia red constituida por unas 154 Entidades de Ciencia e Innovación Tecnológica (ECIT), entre ellas 97 centros de investigación, así como por 65 universidades adscritas a varios ministerios y enclavadas a lo largo y ancho del país. Estas actividades se concentran en seis áreas principales: la agrícola y pecuaria; la biotecnología y el desarrollo de fármacos y vacunas; la medicina; la actividad industrial (azucarera y no azucarera); la biodiversidad y el medio ambiente; y la problemática nacional de carácter económico y socio-cultural; y todas forman parte del Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica (SCIT).

El Sistema, cuya misión fundamental es potenciar el papel de la ciencia y la tecnología en función del desarrollo económico y la elevación de la calidad de vida de la población, está integrado por los órganos gubernamentales que ejercen su dirección, planificación y organización (unos 30 ministerios u organismos centrales del Estado); las entidades que ejecutan actividades científicas, tecnológicas y de innovación (154 Entidades de Ciencia e Innovación Tecnológica, 65 universidades y más de 4000 empresas productoras de bienes y servicios); y las organizaciones que actúan en la cooperación, integración e interfase entre las diversas instituciones que participan del ciclo científico-productivo. Todo ello bajo la rectoría del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), organismo encargado de dirigir, ejecutar y controlar la política del estado y del gobierno en materia de ciencia, tecnología, medio ambiente y uso de la energía nuclear.

En cuanto a los sistemas de evaluación, uno de los organismos más importantes del SCIT, el Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba (MES), ha medido sistemáticamente la siguiente cadena de indicadores:

***Indicadores del Balance de Ciencia y Técnica del MES
para cada Centro de Educación Superior***

1. Indicadores de Impacto Económico Social.
 - 1.1: Premios nacionales y provinciales de innovación tecnológica (otorgados por el CITMA).
 - 1.2: Premios Provinciales del Forum de Ciencia y Técnica
 - 1.3: Sedes Universitarias Municipales destacadas municipales en el Forum de Ciencia y Técnica.
 - 1.4: Premios internacionales.
2. Indicadores de Impacto Científico Tecnológico.
 - 2.1: Participación en premios de la Academia de Ciencias de Cuba.
 - 2.2: Participación en premios CITMA provinciales.
 - 2.3: Total de publicaciones por profesor equivalente en Cuba y el extranjero.
 - 2.4: De las anteriores, las publicadas en Bases de Datos internacionales.
 - 2.5: De las anteriores, las que se incluyen en la *corriente principal*.
 - 2.6: Publicaciones de libros y monografías.
 2. 7 Patentes de invención obtenidas
3. Indicadores de Pertinencia.
 - 3.1: Porcentaje de proyectos vinculados a Proyectos Nacionales, Ramales, Territoriales, Empresariales y Universitarios de Ciencia y Tecnología.
 - 3.2: Proyectos en planes de generalización ramales y provinciales.
 - 3.3: Estado de ejecución de los proyectos
 - 3.4: Financiamiento de los proyectos de investigación en Peso Cubano Convertible (CUC).

A pesar de su abarcador alcance, la implementación y evaluación sistemática de estos indicadores de impacto científico tecnológico aún no logra convertirse en herramienta estratégica para impulsar la producción científica con la misma dinámica para todas las instituciones del Ministerio, por lo que se hace necesario la revisión crítica de algunos de ellos y su reajuste, en aras de crear un instrumento evaluativo que permita impulsar realmente la producción científica de los centros adscritos al MES.

De igual forma, a pesar de las emprendedoras acciones llevadas a cabo por la alta dirección del país, los integrantes del SCIT y el MES, resulta aún insuficiente la actividad de la Ciencia y la Tecnología, y en particular de la innovación, como elementos dinamizadores de la competitividad de la economía nacional y del logro del desarrollo sostenible a que se aspira, fundamentalmente en el sector empresarial.

Dentro de esta gran situación macro que vive el país, se encuentra también, por supuesto, que es insuficiente en el marco de las universidades la evaluación de la producción científica de los investigadores y de su actividad, lo que influye significativamente en el impacto y visibilidad de los resultados científicos y tecnológicos alcanzados por el MES, cuando se comparan con los alcanzados por el sector universitario en los países industrializados y en numerosos países de la región que han desarrollado políticas de evaluación de manera sostenida (GLANZEL *et al.*, 2006; KOLJATIC y SILVA, 2001; KRAUSKOPF *et al.*, 1995; ORTIZ RIVERA *et al.*, 2000; ZUMELZU, 1997).

El sector universitario, productor y diseminador principal del conocimiento dentro de una sociedad, juega un papel protagónico dentro de la actividad científica de cualquier nación, aspecto que se pone de manifiesto en la mayor parte de los países de América Latina (MIGUEL *et al.*, 2006). Por tanto, la construcción de indicadores bibliométricos y cienciométricos con fines evaluativos, que puedan hacer frente al reto de impulsar la producción científica de las instituciones adscritas al MES, así como de todas las instituciones del SCIT, es una tarea ardua y difícil que requiere de atenciones, y fundamentalmente de acciones, por parte de los organismos rectores de la política científica del país.

2.2. Cantidad versus Calidad de la investigación

Detrás de los indicadores bibliométricos y cienciométricos subyace una teoría tradicional de la Ciencia que la identifica con el conocimiento que ella produce, asume esta producción como tarea esencial de la Ciencia, y atribuye a las revistas de *corriente principal* y sus árbitros la capacidad de juzgar el valor de esas novedades. Desde esta perspectiva, el papel de la sociedad se limita a la mera observación de este fenómeno, ya que no tiene en cuenta otras metas

muy importantes que la Ciencia, y específicamente la actividad científica desarrollada en las universidades, debe cumplir, como la transmisión de una perspectiva científica a toda la sociedad (NÚÑEZ JOVER, 2000).

Muchas veces la aplicación de indicadores bibliométricos y cienciométricos a países en desarrollo persigue la comparación obsesiva con países industrializados, y se obvia la problemática social que el conocimiento y la ciencia deben atender. No obstante, resulta contraproducente soslayar instrumentos evaluativos que han influido revolucionariamente en la práctica científica contemporánea, como los índices de citas del *Institute for Scientific Information* (ISI) de Filadelfia.

Los índices de citas, creados por Eugene Garfield, ofrecen una dimensión de la calidad de la investigación diferente a la que tradicionalmente brinda el juicio de un experto, al tener en cuenta los hábitos de citación de la comunidad científica como principal factor de análisis; esta diferencia, sin embargo, no implica que no exista correlación entre los análisis que resultan de ambos métodos, como bien ha sido demostrado por numerosos autores en el ámbito internacional (AKSNES y TAXT, 2004; RINIA *et al.*, 1998; SO, 1998).

Renunciar a esta perspectiva, es cerrar la puerta a una amplia gama de criterios de medida de orden cualitativo, que pueden ayudar a la caracterización del desempeño científico de investigadores, grupos de investigación, instituciones, disciplinas, sectores o países.

La calidad de una investigación, y su determinación de acuerdo con el juicio de uno o más individuos, después de un proceso de análisis donde influyen de manera simultánea factores intelectuales, psicológicos y sociales, ha sido un aspecto esencial para el desarrollo de la Ciencia, y ha formado parte de la misma desde el surgimiento de los primeros canales de comunicación del conocimiento científico, a partir de la segunda mitad del Siglo XVII (HERNON, P. y SCHWARTZ, 2006).

La validación de un nuevo conocimiento científico ha precisado siempre del consenso de una comunidad que, por medio de un juicio de expertos no exento de alabanzas y críticas (HERNON, P. P. y SCHWARTZ, 2001; PIERCE, 1999; STIRLING, 2001; WHITE, M. D., 2001), ha sostenido un robusto sistema de

comunicación, generador a su vez de redes sociales e institucionales que conforman los sistemas nacionales de Ciencia y Tecnología.

De esta forma, la revisión de pares expertos ha tenido como funciones no sólo la de ejercer el control sobre la calidad de los resultados de investigación que se ponen a disposición del resto de la comunidad, sino también la de incidir en la dirección del desarrollo del conocimiento en las diversas disciplinas científicas.

El desarrollo, expansión y consolidación de los Sistemas de Ciencia y Técnica, no obstante, ha conllevado al surgimiento de nuevas necesidades que emergen de la sociedad y de las propias políticas científicas, y que convierten la evaluación en una herramienta clave para la asignación o distribución de recursos materiales o financieros, la definición de nuevos incentivos, y la validación de los resultados en ciertas áreas científicas en relación con las necesidades nacionales (SANZ MENÉNDEZ, 2004).

La evaluación de la investigación en el Siglo XXI implica una concepción integradora y multidimensional, donde la revisión por pares expertos constituye un elemento más, en conjunto con encuestas especializadas, modelos econométricos, estudios prospectivos y análisis bibliométricos. Esta visión de la evaluación como herramienta tecnológica para la caracterización de la investigación, sus resultados, sus instituciones y sus autores, contribuye a la eficacia y eficiencia de los sistemas de Investigación + Desarrollo + Innovación (I+D+I), permeándolos de una mayor coherencia y visión estratégica, que viabiliza su integración a los sistemas de dirección y gestión de la investigación y a los procesos de toma de decisiones, sea cual fuere el nivel de agregación donde se apliquen.

Tomando en cuenta este enfoque sistémico, los estudios bibliométricos se convierten en un importante aliado de los juicios de expertos. No se trata de reemplazar el *peer review* informado con análisis de citación y *rankings*, como en algún momento se pretendió y aún se pretende (WARNER, 2000); sino en asumir que, a pesar de que el juicio de expertos es el método más establecido para la evaluación en Ciencia y Tecnología, no existe un método que, por sí solo, brinde una medida exacta del impacto de la investigación (KOSTOFF, 1995).

Tampoco se trata de asumir miméticamente indicadores y modelos basados en los índices de citas del ISI, que constantemente retratan la enorme brecha que separa a los países desarrollados del resto de las naciones; sino en poder entender la naturaleza epistemológica que sustenta sus pilares, apreciar sus principales virtudes, conocer e intentar dar solución práctica a sus más complejos problemas (AHMED, S. M. Z. *et al.*, 2004a; GARCIA-ZORITA *et al.*, 2006; SANCHO *et al.*, 1993; TORRICELLA-MORALES *et al.*, 2000), y construir indicadores relativos (PERSSON *et al.*, 2004; VINKLER, 1987), que permitan captar las fortalezas y debilidades de las instituciones encargadas de generar conocimiento científico, y difundirlo en los canales de información que durante los últimos 40 años han tenido la mayor importancia para la comunidad científica internacional, y que son sin duda alguna las revistas contenidas en las bases de datos del ISI.

2.3. Valor cualitativo del análisis de citas: el Impacto de una investigación

Los índices de citas del ISI no pueden dejar de tomarse en cuenta a la hora de evaluar la calidad de la investigación realizada en las instituciones científicas, puesto que más allá de cualquier factor de índole político o económico, éstos abrieron caminos para el estudio a fondo de la comunicación científica, utilizando las más diversas perspectivas, y generando líneas de investigación que hoy constituyen pilares de la Ciencia de la Información.

La Ciencia, según Paul Wouters, es un ciclo de procesamiento de información: su calidad es mantenida por el sistema de revisión de pares. El objetivo de las bases de datos del ISI ha sido la creación de un ciclo de segundo orden relacionado directamente con el ciclo primario de producción de conocimiento: el ciclo de citación. La Bibliometría, por tanto, juega un papel principal en el ciclo de citación, al permitir el entendimiento más profundo de los procesos de retroalimentación que ocurren en ambos ciclos (WOUTERS, 1997).

La visión de Wouters, que se enmarca dentro de la llamada “teoría reflexiva de la citación”, no es más que una entre tantas soluciones teóricas que han pretendido conceptualizar el fenómeno implícito detrás del hecho común en la

práctica científica de incluir un trabajo entre las referencias bibliográficas utilizadas para llevar a cabo una investigación (NICOLAISEN, 2007).

Según Smith, existen cuatro supuestos básicos que subyacen en la referencia bibliográfica, y que constituyen la base de los análisis de citaciones como instrumentos de análisis (SMITH, 1958):

1. El contenido del documento citado se relaciona con el que hace la referencia.
2. La referencia que hace un autor a otro documento supone que éste lo está usando, lo cual implica dos cosas:
 - a) Todos los documentos citados se usaron por el autor.
 - b) Los documentos citados son los más importantes que se usaron al preparar un trabajo.
3. La referencia a un documento refleja el mérito de éste.
4. Las referencias se hacen a los mejores documentos disponibles sobre el tema.

La concepción de la cita como moneda de pago (reconocimiento del valor del trabajo de un autor consultado para la investigación) (KAPLAN, 1965), como proceso cognitivo (HARTER, 1992), como acto persuasivo (LATOURET y WOOLGAR, 1986), o como concepto simbólico (SMALL, 1978), aún continúa alimentado numerosos debates, y ha conllevado a una serie de estudios empíricos que han tratado de identificar las motivaciones para la citación (AHMED, T. *et al.*, 2004b; BALDI y HARGENS, 1995; CASE y HIGGINS, 2000; COSIJN y INGWERSEN, 2000; KIM, K., 2004; MORAVCSIK y MORUGESAN, 1975; VINKLER, 1987; WHITE, H. D., 2004), validar la relevancia de las citas, o demostrar la completa inutilidad de las citas como medidas de calidad (MACROBERTS y MACROBERTS, 1989).

A pesar de los numerosos estudios y teorías planteadas para determinar la naturaleza del proceso de citación (NICOLAISEN, 2007), Eugene Garfield ha sido claro al tratar el asunto. *Un trabajo altamente citado es aquél que ha sido hallado útil por un número relativamente largo de experimentos. La citación de un pasaje particular de un trabajo científico no necesariamente dice nada sobre*

su elegancia y su importancia relativa para el avance de la ciencia y de la sociedad. La única razón para el uso de los conteos de citación para la evaluación de investigadores, es que brinda una medida de la utilidad y el impacto del trabajo científico (GARFIELD, 1979).

Por tanto, si bien el número de citas que recibe un trabajo no puede considerarse por sí solo como una medida de su calidad científica propiamente dicha, la sistematicidad de la citación, cuando es producto de una selección consciente por parte de los diferentes autores, puede indicar, además de su utilidad, el cumplimiento de ciertas normas generales de calidad científica exigidas por los investigadores como para considerar a los trabajos en realidad valiosos (CAÑEDO ANDALIA, 1999).

2.4. Indicadores bibliométricos y cientiométricos con fines evaluativos

La Cienciometría no es más que la aplicación de técnicas bibliométricas al estudio de la actividad científica. Su alcance va más allá de las técnicas bibliométricas, puesto que puede ser empleada para examinar el desarrollo y las políticas científicas. Los análisis cuantitativos de la Cienciometría consideran a la ciencia como una disciplina o actividad económica, por lo que pueden establecerse comparaciones entre las políticas de investigación, sus aspectos económicos y sociales, y la producción científica, ya sea entre países, sectores o instituciones (SPINAK, 1996).

Los temáticas que abarca la Cienciometría incluyen el crecimiento cuantitativo de la ciencia, el desarrollo de las disciplinas y subdisciplinas, la relación entre ciencia y tecnología, la obsolescencia de los paradigmas científicos, la estructura de comunicación entre los científicos, la productividad y creatividad de los investigadores, las relaciones entre el desarrollo científico y el crecimiento económico, entre otras (MACÍAS CHAPULA, 2001; SPINAK, 1996). La Cienciometría usa técnicas matemáticas y el análisis estadístico para investigar las características de la investigación científica, y puede considerarse como un instrumento de la Sociología de la Ciencia.

Para percibir los matices que distinguen la estrecha relación Bibliometría-Cienciometría en el estudio de la actividad científica, Spinak plantea que la Bibliometría estudia la organización de los sectores científicos y tecnológicos a partir de las fuentes bibliográficas para identificar a los autores, sus relaciones, y sus tendencias; mientras que la cienciometría se encarga de la evaluación de la producción científica mediante indicadores numéricos de esas fuentes bibliográficas. La Bibliometría trata con las varias mediciones de la literatura, de los documentos y otros medios de comunicación, mientras que la cienciometría tiene que ver con la productividad y utilidad científica (SPINAK, 2001).

La evaluación del desempeño de instituciones dedicadas a la investigación científica no puede limitarse al examen exclusivo de estadísticas económicas que miden el número de recursos humanos y la dimensión de las instituciones para compararlos con insumos o inversiones monetarias destinadas a la investigación, puesto que el objeto de una institución científica es precisamente la investigación, y la evaluación de la investigación requiere de indicadores de desempeño científico que permitan juzgar el valor de los resultados obtenidos, determinar el cumplimiento o no de los objetivos esenciales, e identificar los factores determinantes del éxito o el fracaso de la política científica.

En consecuencia, la evaluación del sistema de comunicación científica en una institución de investigación debe tener como referencia las metas de la política científica establecida para la institución, el sector, el país o la región evaluada, no necesariamente coincidentes con las pautas establecidas por la Ciencia en los países desarrollados (SPINAK, 2001).

El proceso de recopilación, tabulación o mapeo de los indicadores cualitativos y cuantitativos, así como el monitoreo de las actividades, son fases iniciales de la evaluación, una vez que se han identificado los aspectos a evaluar, se han determinado los métodos para evaluarlos, y se han definido las razones para hacerlo.

Los indicadores cienciométricos pueden dividirse en dos grandes grupos: los que miden la calidad y el impacto de las publicaciones científicas (indicadores de publicación), y aquellos que miden la cantidad y el impacto de las vinculaciones o relaciones entre las publicaciones científicas (indicadores de citación) (SPINAK, 2001; VINKLER, 1987). Pueden medirse como índices

simples, relativos o ponderados, según los criterios que se tomen en cuenta. De igual forma pueden medirse atendiendo a series cronológicas o como medidas de distribución, y los estudios pueden realizarse a nivel micro (individuos, grupos de investigación o revistas individuales), meso (instituciones o grupos temáticos) o macro (países, regiones o toda una disciplina).

Otros autores los clasifican en indicadores de actividad e indicadores relacionales de primera, segunda y tercera generación. Mientras los indicadores de actividad proporcionan datos sobre el volumen y el impacto de las actividades de investigación mediante simples recuentos de elementos bibliográficos (tales como autores, artículos, palabras clave, patentes, citas, entre otros), los indicadores relacionales se proponen conocer los vínculos y las interacciones entre los diferentes elementos bibliográficos mediante los conceptos de cocitación y coocurrencia, intentando describir el contenido de las actividades y su evolución (BAILON-MORENO *et al.*, 2005; GUZMÁN SÁNCHEZ y SOTOLONGO AGUILAR, 2002).

Numerosos autores han aportado valiosos indicadores bibliométricos y cienciométricos, que permiten minimizar gran parte de los sesgos que se manifestaban en los estudios métricos de las décadas de 1980 y 1990. En aquel entonces, la excesiva preponderancia de indicadores cuantitativos, la poca integración de los especialistas dedicados a hacer estudios métricos, la influencia de los intereses de la política científica y los negocios en la investigación que se financia, y el mal uso de los indicadores, hicieron pensar a algunos que a pesar de su crecimiento vertiginoso y la proliferación de su uso, la Ciencimetría comenzaba a experimentar un proceso de crisis (GLANZEL y SCHOEPFLIN, 1994).

A finales de los años noventa y hasta el presente, el replanteamiento de los indicadores cienciométricos y la utilización de indicadores relativos más eficaces (BRAUN y GLANZEL, 2000; NAGPAUL, 1995; PERSSON *et al.*, 2004; VINKLER, 1987), la utilización de nuevas técnicas de análisis y visualización de los mismos (BOYACK y BORNER, 2003; CHEN, 2006; CHEN *et al.*, 2002b; DE MOYA-ANEGON *et al.*, 2006; KLAVANS y BOYACK, 2006; LEYDESDORFF, 2004; MOYA-ANEGON *et al.*, 2006; NELSON, 2006; SMALL, 1978), y la extensión de los estudios métricos a las patentes de invención (ALTVATER-

MACKENSEN *et al.*, 2005; ATALLAH y RODRIGUEZ, 2006; BALDINI, 2006; LUUKKONEN *et al.*, 1993; MEYER, 2006; SEN, S. K. y SHARMA, 2006; VERBEEK y DEBACKERE, 2006) y a los entornos web (BJORNEBORN y INGWERSEN, 2004; EGGHE, 2000; FABIA PEREZ *et al.*, 2003; POLANCO *et al.*, 2005; PRIME *et al.*, 2002; THELWALL *et al.*, 2005), han permitido enriquecer y ampliar el espectro de la perspectiva cuantitativa, y lograr que su aplicación como parte de las evaluaciones institucionales permita la implementación de políticas científicas más reflexivas (RIP, 1997).

Otros aspectos continúan bajo constante escrutinio de la comunidad científica, como el uso de los índices de citas para la evaluación de las Ciencias Sociales y Humanidades (GLANZEL, 2003; HEMLIN y GUSTAFSSON, 1996; HICKS, 1999; KAVUNENKO *et al.*, 2005; LARIVIERE *et al.*, 2006b; LINDHOLMROMANTSCHUK y WARNER, 1996; NARVAEZ-BERTHELENOT y RUSSELL, 2001), donde las monografías científicas, que no están bajo la cobertura de las bases de datos del ISI, ejercen un papel protagónico en el comportamiento de la producción y hábitos de citación de los científicos; así como los efectos negativos de los *rankings* de científicos e instituciones sobre las políticas científicas (VAN RAAN, 2005; WEINGART, 2005); y la mirada siempre atenta a la aplicabilidad de los indicadores basados en los índices de citación del ISI para la evaluación de la Ciencia en los países menos desarrollados (CANO, 1995; GOMEZ *et al.*, 1999; KRAUSKOPF *et al.*, 1995; VESSURI, 1995; ZUMELZU, 1997).

Este último aspecto ha de tenerse siempre en cuenta, pues las herramientas principales disponibles para la mayor parte de los estudios bibliométricos proceden de las bases de datos del *Institute for Scientific Information* (actualmente denominado *Thomson Scientific*), cuyos procedimientos de selección de revistas son parciales y no son adecuados ni suficientes para evaluar la C&T de los países en vías de desarrollo (SPINAK, 2001), y donde aspectos como la identificación, recuperación y posterior normalización de los nombres de origen hispano o la filiación institucional, por poner dos ejemplos críticos, se convierte en uno de los más engorrosos pasajes de la labor bibliométrica (SANCHO *et al.*, 1993).

La presente investigación tuvo en cuenta todos los aspectos anteriormente expuestos, muy especialmente durante el proceso de recuperación de los artículos. Al analizar instituciones en un nivel de agregación *meso*, abarcar un período reducido de tiempo, y manejar datos de instituciones con poca producción científica, la omisión de la más mínima cantidad de artículos puede afectar de manera significativa el valor de los indicadores, y por tanto, la validez del estudio.

En estos casos, la rigurosidad en cada una de las fases de la investigación es imprescindible. La exquisitez en la verificación de cada detalle que pueda significar un error, no siempre está en concordancia con el tiempo que se dispone para la realización del estudio. Es por esta razón fundamentalmente que los indicadores cienciométricos son más eficaces cuanto más alto sea el nivel de agregación analizado (GARFIELD, 1983).

2.5. Redes de colaboración: una nueva perspectiva del desarrollo científico

Otro de los aspectos que en la actualidad se está tratando con mucha intensidad, y especialmente desde el enfoque métrico, resulta la colaboración científica y su significado dentro de los procesos de I+D+I (FRY, 2006; HARA *et al.*, 2003; LUNDBERG *et al.*, 2006; MARSHAKOVA-SHAIKEVICH, 2006; PERSSON *et al.*, 2004; WAGNER, 2005; YOSHIKANE y KAGEURA, 2004).

El estudio de las redes sociales derivadas de la cooperación interpersonal, interinstitucional e internacional en materia de Ciencia y Tecnología, comenzó a abordarse con profundidad durante la segunda mitad del Siglo XX, especialmente a partir de la década de 1960.

En 1958, Michael Smith estudió el comportamiento de la autoría múltiple en Psicología, y sugirió que los artículos en co-autoría podían ser usados como una medida aproximada de colaboración entre grupos de investigadores (SMITH, 1958). Además, notó que los resultados de un proyecto científico eran frecuentemente publicados bajo la autoría de todos los investigadores incluidos en el proyecto, independientemente del tipo de colaboración científica existente.

Derek de Solla Price, en uno de los más influyentes libros publicados en el campo de la Sociología de la Ciencia (PRICE, 1963), comprobó empíricamente las observaciones de Smith sobre el aumento de la autoría múltiple en ciencia, y observó que esta podía ser identificada en las más diversas formas, y con mucha frecuencia en el ámbito de los llamados colegios invisibles, que constituían comunidades informales de investigadores que se comunicaban, intercambiaban informaciones y experiencias, y publicaban formalmente sus resultados de investigación. Este tema sería desarrollado con posterioridad por la socióloga Diane Crane en la década de 1970 (CRANE, 1972).

Las diferentes formas de colaboración y el porqué y cómo surgen, constituyeron temas de vital importancia en esta primera etapa. Warren O. Hagstrom identificó en 1965 una forma de colaboración entre profesores y estudiantes que no siempre se veía reflejada en los artículos publicados por los primeros (HAGSTROM, 1965). Price y Donald B. Beaver, por su parte, plantearon en 1966 que la mayoría de las colaboraciones se iniciaban con relaciones informales establecidas principalmente durante el período de entrenamiento de los investigadores; de esta forma, los congresos, conferencias, reuniones, visitas e intercambios institucionales, constituían eventos significativos para el ulterior desarrollo de una colaboración científica (PRICE y BEAVER, 1966). Además, plantearon que es normal la existencia de un núcleo de investigadores extremadamente productivos, alrededor de los cuales giraba una amplia población flotante de colaboradores que participaban con ellos en una o dos publicaciones y después desaparecía.

De igual forma, Stanley Milgram presentó en 1967 su teoría del “Mundo Pequeño (Small World Theory)” o de los “seis grados de separación”, donde afirmó que cada actor en una red, independientemente del tamaño y densidad de la misma, puede encontrar a otro actor a una distancia media de seis pasos (MILGRAM, 1967). Esta teoría abrió las puertas a la investigación sobre las distancias entre los investigadores, a través de las redes de co-autoría identificadas en sus artículos.

La importancia de la bibliometría como técnica para el estudio de la colaboración científica fue puesta de manifiesto en un importante estudio realizado en 1970 por Norman Storer. Este autor concluyó que el grado de

cooperación varía significativamente en las diferentes áreas de conocimiento en función de sus características cognitivas y organizacionales, e identificó un mayor índice de cooperación en las Ciencias Básicas y las Ciencias Naturales, en relación con las Ciencias Aplicadas y las Ciencias Sociales (STORER, 1970), aspecto que confirmarían dos años más tarde Janice Lodahl y Gerald Gordon, y nueve años después Frame y Carpenter (FRAME y CARPENTER, 1979; LODAHL y GORDON, 1972).

A partir del concepto elaborado por Meadows y O'Connor, donde definen la cooperación científica como el conjunto de trabajos desarrollados entre dos o más investigadores e identificados por medio de artículos firmados en co-autoría (MEADOWS y O'CONNOR, 1971), los estudios métricos para determinar la variabilidad y la dinámica de las relaciones en las diferentes áreas del conocimiento comenzaron a ser muy frecuentes.

La colaboración internacional fue estudiada con profundidad por Frame y Carpenter, quienes identificaron tres características principales de la misma:

- Es mayor en las ciencias “duras” como la Física y la Química, que en las ciencias aplicadas como la Medicina (distancia que en la década del 90 disminuiría notablemente)
- El grado de colaboración internacional es inversamente proporcional a la dimensión científica del país
- Factores extracientíficos como la proximidad geográfica, política y cultural, determinan quién colabora con quién en la comunidad internacional (FRAME y CARPENTER, 1979)

Otros autores pusieron su atención en la relación *co-autoría-impacto* como factor estimulante de la colaboración científica. En este sentido, autores como Pravdic y Olvic-Vukovic mostraron la tendencia de los investigadores a colaborar para aumentar la visibilidad de sus investigaciones, entendiéndose la mayor visibilidad como el aumento de la cantidad de citas recibidas de otros colegas (PRAVDIC y OLUIC-VUKOVIC, 1986). Este impacto científico fue estudiado en la década del 90 por Francis Narin y Edith S. Whitlow, quienes encontraron que los artículos realizados con co-autoría internacional, por regla

general, eran citados dos veces más que los artículos realizados por autores de un mismo país (NARIN *et al.*, 1991).

En 1992, Kodama puso de manifiesto el aumento de los campos interdisciplinares como resultado de la colaboración científica, y afirmó que la fusión de disciplinas anteriormente separadas, había tenido como consecuencias importantes avances científicos, gracias precisamente a este conocimiento de la colaboración interdisciplinar (KODAMA, 1992). Ese mismo año, Lukonen, Persson y Sivertsen agruparon los factores que impulsan la colaboración científica en tres grupos principales: factores cognitivos, factores económicos, y factores sociales. Tales factores podían explicar las diferencias entre las tasas de colaboración en los diferentes países y áreas del conocimiento (LUUKKONEN *et al.*, 1992).

J. Sylvan Kats constituye uno de los autores que más atención puso en el estudio de las redes de colaboración científica durante la década del 90. Demostró que las colaboraciones decrecían exponencialmente con la distancia geográfica existente entre los investigadores (algo que cambiaría años más tarde con el surgimiento y desarrollo de un nuevo paradigma en materia de redes: la World Wide Web). Además, observó en la necesidad de compartir el uso de equipamientos cada vez más caros y complejos, y en los nuevos patrones de comportamiento adoptados por las agencias de financiamiento de proyectos científicos, dos nuevos factores que motivan el establecimiento de redes de colaboración (KATZ, 1994). De igual forma, demostró que los trabajos teóricos producen artículos con pocos autores en comparación con los trabajos experimentales (KATZ y MARTIN, 1997), y presentó diferentes niveles de colaboración utilizando los prefijos “inter” e “intra” para distinguir las diversas categorías, tal y como se muestran en la siguiente tabla:

Nivel	Intra	Inter
Individual	-	Entre individuos
Grupo	Entre individuos del mismo grupo	Entre grupos (de un mismo departamento)
Departamento	Entre individuos o grupos	Entre departamentos (de una misma institución)
Institución	Entre individuos o departamentos de una misma institución	Entre instituciones
Sector	Entre instituciones de un mismo sector	Entre instituciones de diferentes sectores
Nación	Entre instituciones de un mismo país	Entre instituciones de diferentes países

Ya en la segunda mitad de la década de 1990 y principios del nuevo milenio, el análisis de la cooperación en materia de Ciencia y Tecnología comenzó a realizarse a partir de la identificación, visualización e interpretación de las diversas redes que se forman en los distintos niveles de colaboración. Los estudios de M. E. J. Newman, basados en técnicas de Análisis de Redes Sociales desarrolladas por autores como Wasserman y Faust, Steve Borgatti (1996) y Lázlo Barabási (1999), entre otros (BARABASI *et al.*, 1999; BORGATTI y EVERETT, 1997; WASSERMAN y FAUST, 1998), permitieron concebir las redes como configuraciones de enlaces con alto grado de transitividad, y demostraron que la probabilidad de colaboración entre dos investigadores aumenta a medida que aumentan los colaboradores que ambos tienen en común (NEWMAN, 2001a), y que la probabilidad que tiene un investigador de adquirir nuevos colaboradores aumenta en la medida en que es mayor el número de investigadores con los que colaboró en el pasado (NEWMAN, 2001b).

La combinación del estudio sociológico de las redes sociales, las investigaciones sobre redes científicas, y la unión de varias áreas de análisis para el entendimiento y la visualización de las redes de co-citación y colaboración (BOYACK *et al.*, 2005; ENGELS *et al.*, 2005; MIGUEL *et al.*, 2006), constituyen los pilares de una nueva etapa de investigación en el Siglo XXI, donde el Análisis de Redes Sociales, la Teoría de Grafos y la Ciencia de la Información, en conjunto con el desarrollo alcanzado por las Tecnologías de la Información y la Comunicación, han brindado nuevas respuestas a viejas interrogantes.

2.6. Indicadores cuantitativos y Análisis de Dominio

La actividad científica debe ser vista e interpretada dentro del contexto social en la que está enmarcada. Por tanto, las evaluaciones del desempeño científico deben ser sensibles al contexto conceptual, social, económico e histórico de la sociedad donde se actúa (SPINAK, 2001).

Esto significa que la ciencia no puede ser medida en una escala absoluta, sino en relación con las expectativas que la sociedad ha puesto en ella; y los indicadores que se implementen para su caracterización, deben ser capaces de recoger la mayor cantidad de elementos que permitan un análisis multidimensional de los procesos que en ella se ponen de manifiesto. Esta visión holística de la actividad científica, de un enfoque marcadamente social, ha sido tratada por múltiples autores en los últimos años, y principalmente a partir de la propuesta del Análisis de Dominio de los daneses Birger Hjørland y Hanne Albrechtsen.

En 1995, Hjørland y Albrechtsen proponen el Análisis de Dominio como un nuevo paradigma disciplinar, basado en la idea de que la evaluación de la Ciencia debe realizarse a partir del conocimiento de las prácticas sociales de los científicos (HJORLAND y ALBRECHTSEN, 1995). Desde esta perspectiva, el conocimiento de las prácticas de los distintos campos científicos es esencial en las Ciencias de la Información, y la Bibliometría ocupa un papel fundamental en el núcleo de la disciplina, al ser uno de los instrumentos básicos de análisis. El Análisis de Dominio abandona el estudio individualizado de un fenómeno, y está en contraposición con el modelo cognitivo que excluye los entornos sociales y culturales en que participan los científicos. De esta forma, la combinación de métodos como el histórico, el epistemológico y el bibliométrico, —incluidos dentro de los 11 enfoques para el estudio de un dominio cognitivo o institucional (HJORLAND, 2002)—, deviene la más abarcadora forma de obtener una imagen suficientemente objetiva del dominio. La propuesta de Hjørland ha tenido un notable impacto dentro de las Ciencias de la Información, y ha constituido un soporte teórico para múltiples investigaciones que, utilizando técnicas bibliométricas y de visualización de la información, y rescatando viejas ideas de Henry Small y Eugene Garfield sobre la posibilidad de hacer mapas de la ciencia mundial basados en análisis de citas (SMALL, 1978), han pretendido estudiar exhaustivamente no sólo grandes dominios del conocimiento, incluido el de la propia disciplina (BORNER *et al.*, 2003; BOYACK *et al.*, 2005; CHEN *et al.*, 2002a; DE MOYA-ANEGON *et al.*, 2006; JANSSENS *et al.*, 2006; SANZ CASADO *et al.*, 2007; WHITE, H. D. y

MCCAIN, 1998), sino también dominios sectoriales e institucionales (MIGUEL *et al.*, 2006; MOYA ANEGÓN *et al.*, 2006; REYES BARRAGÁN *et al.*, 2006).

El propio Hjørland, teniendo en cuenta la utilización del Análisis de Dominio en la literatura sobre visualización y mapas del conocimiento, señala cuatro factores que influyen sistemáticamente en su interpretación.

En primer lugar, la base de datos y la selección de los documentos de base empírica para generar los mapas permitirán definir el alcance de la interpretación. Es imposible analizar a cabalidad un dominio del conocimiento utilizando una fuente de información que no recoja la información representativa del dominio, y sin tener en cuenta los posibles sesgos e inconvenientes que pueda presentar el proceso de búsqueda, recuperación y procesamiento de la información (HJORLAND, 2002).

Por otra parte, cada mapa depende de los patrones de citación y colaboración entre las disciplinas. Cada dominio tiene su comportamiento muy particular, el cual debe orientar y definir las pautas a seguir en la interpretación. Aún cuando se utilicen indicadores resistentes a la posibilidad del sesgo, la interpretación de los mismos en diferentes campos, como las Ciencias naturales y las Humanidades, nunca puede ser igual (LARIVIERE *et al.*, 2006a; LARIVIERE *et al.*, 2006b)

A su vez, los métodos empleados por los investigadores a la hora de analizar los datos son determinantes para la caracterización del dominio, y permiten el abordaje de un mismo dominio desde diferentes perspectivas. Técnicas de análisis de co-citación de autores y documentos, y de co-ocurrencia de palabras (ÅSTRÖM, 2002; BORNER *et al.*, 2003; COURTIAL y GOURDON, 1997; LEYDESDORFF y HELLSTEN, 2006; MUTSCHKE y HAASE, 2001; WHITE, H. D., 2003) implican disímiles aproximaciones, aún cuando persigan un mismo objetivo.

Finalmente, el carácter dinámico de las bases epistemológicas de la Ciencia no puede ser obviado, por cuanto la dialéctica inherente a todo conocimiento científico condiciona su desarrollo y constante transformación. Un paradigma dominante que caracteriza una disciplina en una etapa determinada, puede entrar en crisis con el transcurso del tiempo y la existencia de condiciones especiales que impliquen su colapso, para dar origen a un nuevo paradigma (KUHN, 1970). Este proceso de transición, y la identificación de paradigmas

emergentes en los diferentes dominios del conocimiento, constituyen una de las más interesantes líneas de investigación dentro de las Ciencias de la Información, tanto desde perspectivas históricas y epistemológicas (LINARES COLUMBIÉ, 2001; MOYA ANEGÓN y FERNÁNDEZ MOLINA, 2002; PETTIGREW *et al.*, 2001; TALJA *et al.*, 2005; VEGA ALMEIDA, 2007; WIKGREN, 2005), como desde la perspectiva bibliométrica (CHEN, 2003; SMALL, 1978).

Siguiendo los planteamientos de Hjørland, hay que combinar en la medida de lo posible todos los aspectos para extraer la información subyacente y enriquecer la visión del dominio. No se pueden tratar todas las dimensiones con la misma metodología, y hay que considerar diferentes discursos y planteamientos para cada una de las dimensiones (DE MOYA-ANEGON *et al.*, 2006; HJORLAND, 2002).

La presente investigación, a través de una serie de indicadores de producción, visibilidad, impacto y colaboración derivados de la producción científica en *corriente principal*, constituye un Análisis de Dominio de la Educación Superior cubana, que pretende representar, de forma muy aproximada, el perfil investigador de los CES y UCT adscritos al MES.

Capítulo 3

La producción científica del Ministerio de Educación Superior: Metodología para su estudio

3.1. Premisas a tener en cuenta en el desarrollo de la investigación

Llevar a cabo la presente investigación, implicó la asunción de una serie de premisas que permitieron trazar pautas en la estrategia de análisis del dominio, y que son vitales para obtener interpretaciones objetivas de los fenómenos que se estudian (MOED, 2006; ROUSSEAU, 2001).

Siempre teniendo en cuenta el contexto y los objetivos de la investigación, el análisis se basó en las siguientes premisas:

1. El progreso se alcanza mediante el desarrollo científico.
2. En su trabajo, los científicos se basan en la obra de colegas y precursores en su campo.
3. Los trabajos se someten a la apreciación de pares expertos, y son publicados.
4. Los científicos muestran en sus publicaciones cómo se han basado en el trabajo previo de otros, al mencionar en sus textos una lista de referencias.
5. Las revistas científicas desempeñan un papel esencial en la comunicación entre colegas; razón por la que representan la actividad científica y la red de relaciones entre subcampos del conocimiento.
6. El número de publicaciones de una institución, puede considerarse un indicador de su producción científica.
7. El número de veces que los trabajos de una institución son citados por otras publicaciones, da la medida del impacto y la visibilidad internacional de esos trabajos.
8. En el sistema global de revistas, se puede distinguir un número reducido de revistas centrales (o de *corriente principal*), consideradas las más relevantes para la comunidad científica internacional, y un número

mayor de revistas periféricas, que son de orientación más regional o local.

9. El ISI, a través del *Web of Science*, abarca el grueso de las revistas centrales en las ciencias puras, aplicadas y médicas.
10. El número de artículos publicados en revistas centrales o de corriente principal, denota la visibilidad internacional de una institución, y el mayor o menor Factor de Impacto de las revistas donde se publiquen estos artículos, teniendo en cuenta las diferentes áreas temáticas y en un nivel de agregación macro, puede ser utilizado como un indicador relativo a la mayor o menor calidad de la investigación.
11. La colaboración científica internacional identificada en los artículos, en el contexto cubano, puede denotar el esfuerzo por incrementar la visibilidad y el desarrollo de la investigación científica, en el marco de la Estrategia Maestra de Internacionalización llevada a cabo por el MES.
12. Los trabajos sin colaboración altamente citados o publicados en revistas de muy alto factor de impacto, pueden indicar la fortaleza de una institución en la materia que se investiga y su independencia de factores externos para su desarrollo.
13. Los indicadores bibliométricos y cienciométricos derivados de todos los procesos anteriormente expuestos, van a reflejar el perfil, la visibilidad y el impacto de la investigación científica realizada en las instituciones, y en el MES en sentido general.
14. Los indicadores bibliométricos y cienciométricos evaluados, no pueden ser interpretados a cabalidad sin tener en cuenta variables de índole socioeconómica, como la cantidad de personal dedicado a la investigación, los gastos e insumos, o las propias metas y prioridades establecidas en cada institución.
15. Tales indicadores no pueden ser sustitutos, sino herramienta de análisis que, en manos de expertos, pueden utilizarse como parte de la política de evaluación institucional del MES.

3.2. Caracterización del Dominio

La Educación Superior constituye uno de los siete subsistemas que conforman el Sistema Nacional de Educación, integrado además por los subsistemas Educación Preescolar, Educación General Politécnica y Laboral, Educación Especial, Educación Técnica y Profesional, Formación y Perfeccionamiento de Personal Pedagógico y Educación de Adultos.

Las instituciones de Educación Superior (IES) están adscritas a varios Organismos de la Administración Central del Estado (OACE), según se estableció por la Ley 1307 del año 1976, momento en que se produce una reestructuración del Subsistema de Educación Superior y se crea el MES, encargado de realizar la política del Gobierno relativa a este nivel educacional. En esa Ley se define que el MES tendrá directamente adscrito un grupo de IES, a la vez que se adscriben a otros ministerios u organismos las instituciones que forman profesionales en perfiles propios a su área de actividad (MARTÍN SABINA *et al.*, 2003).

La Ley estableció además, que los Institutos Superiores de Ciencias Médicas quedarían adscritos al Ministerio de Salud Pública (MINSAP); los Institutos Superiores Pedagógicos, al Ministerio de Educación (MINED); el Instituto Superior Técnico Militar, al Ministerio de las Fuerzas Armadas (MINFAR); el Instituto Superior de Cultura Física, al Instituto Nacional de Deportes, Educación Física y Recreación (INDER); el Instituto Superior de Servicio Exterior, al Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREX); y el Instituto Superior de Arte, al Consejo Nacional de Cultura, hoy Ministerio de Cultura (MINCULT) (MARTÍN SABINA *et al.*, 2003).

Posteriormente se crearon nuevas IES que resultaron adscritas a algunos de los organismos centrales antes relacionados y a otros nuevos. El Subsistema de Educación Superior se estructura en una red de 65 IES, de las cuales 17 son entidades adscritas directamente al Ministerio de Educación Superior.

La tipología y características de estas 17 instituciones, que en lo adelante se denominarán CES, es la siguiente:

Universidades:

Encargadas de la formación de profesionales en diferentes áreas del saber, tales como las ciencias naturales y matemáticas, sociales y humanísticas, económicas y contables, técnicas y agropecuarias. En la institución pueden desarrollarse parte o la totalidad de las áreas antes relacionadas.

Universidad de la Habana (UH). Año de creación: 1728

Universidad de Oriente *Patricio Lumumba* (UO). 1947

Universidad Central *Marta Abreu de Las Villas* (UCLV). 1952

Universidad de Camagüey (UCAM). 1967

Universidad de Granma (UDG) 1976-77

Universidad de Holguín *Oscar Lucero Moya* (UHOLM) 1976-77

Universidad de Matanzas *Camilo Cienfuegos* (UMCC) 1976-77

Universidad de Pinar del Río *Hermanos Saiz Montes de Oca* (UPR) 1976-77

Universidad Agraria de La Habana *Fructuoso Rodríguez* (UNAH) 1976-77

Universidad de Ciego de Ávila (UNICA) 1978-79

Universidad de Cienfuegos *Carlos Rafael Rodríguez* (UCF) 1979-80

Institutos Superiores Politécnicos:

Se encargan de la formación de profesionales en el campo de las ciencias técnicas y arquitectura, para varias ramas de la economía nacional.

Instituto Superior Politécnico *José Antonio Echevarría* (CUJAE) 1976-77

Institutos Superiores:

Encargados de la formación de profesionales con mayor peso en algunas de las áreas del saber.

Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM) 1976-77

Centros Universitarios:

Consisten en una etapa organizativa transitoria hasta alcanzar las condiciones objetivas y subjetivas que permitan pasar a uno de los tipos de instituciones antes referidas.

Centro Universitario de Sancti Spíritus *José Martí* (CUSS) 1976-77

Centro Universitario de la Isla de la Juventud *Jesús Montané Oropesa* (CUIJ) 1976-77

Centro Universitario de Guantánamo (CUG) 1993-94

Centro Universitario de Las Tunas *Vladimir Illich Lenin* (CULT) 1994-95

Además de este tipo de instituciones, el MES cuenta con 4 Unidades de Ciencia y Técnica, en lo adelante denominadas UCT, las cuales están orientadas exclusivamente hacia la investigación científica. Ellas son:

Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) 1965.

Dedicado a la investigación científica en las áreas de las ciencias naturales, biomédicas y tecnológicas.

Instituto de Ciencia Animal (ICA) 1965.

Dedicado a la investigación científica en cuestiones relacionadas con la nutrición animal y el desarrollo de la ganadería cubana.

Instituto Nacional de Ciencias Agropecuarias (INCA) 1970.

Dedicado a la investigación científica sobre fisiología vegetal, fitotecnia, biofertilizantes y nutrición, genética y mejoramiento de las plantas.

Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). 1980.

Dedicado al desarrollo de investigaciones en salud animal, vegetal y humana.

La producción científica de estas 21 CES y UCT adscritas al MES, constituye la muestra a analizar durante la presente investigación.

En el caso de las estaciones experimentales agrícolas pertenecientes al MES, como la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “*Indio Hatuey*”, su producción se adjudicará al CES o UCT al cual está metodológicamente subordinada. En el caso específico de esta estación experimental, se contemplaron sus artículos dentro del volumen de la producción científica de la Universidad de Matanzas.

3.3. Consideraciones en torno al Web of Science como fuente de información para el análisis del dominio

Se utilizaron como fuentes de información primaria las bases de datos *Science Citation Index*[®], *Social Science Citation Index*[®], y *Arts and Humanities Citation Index*[®], a través del *Web of Science*, servicio en línea que brinda el *Institute for Scientific Information* (ISI), actualmente bajo el nombre *Thomson Scientific* y radicado en Filadelfia, Estados Unidos. El *Web of Science*, uno de los principales servicios de *Thomson Scientific* en el portal *Web of Knowledge*, tiene bajo su cobertura más de 8 000 publicaciones seriadas que constituyen las más importantes e influyentes en el mundo, y son consideradas la *corriente principal* (o *mainstream*), es decir, los principales canales de información de la comunidad científica internacional.

Existen múltiples bases de datos especializadas que poseen una gran cobertura de artículos correspondiente a los respectivos campos temáticos que abarcan: *Medline* en el caso de las Ciencias de la Vida y la Biomedicina, *Chemical Abstracts* en las Ciencias Químicas, *Inspec* en Ciencias Físicas e Ingenierías, *Mathematical Reviews*, *Biosis*, entre otras. Sin embargo, las bases de datos del ISI, por su amplia cobertura temática y las múltiples informaciones que ofrece de sus registros, constituyen de manera general las más aceptadas fuentes de información para estudios bibliométricos.

A pesar de las diversas objeciones contra su política de procesamiento y la ampliación de su cobertura, donde las revistas de idiomas diferentes al inglés están subrepresentadas, las bases de datos del ISI, y muy en particular el *Web of Science*, son prácticamente las únicas que ofrecen requerimientos básicos para la desarrollar técnicas bibliométricas (GLANZEL, 2003):

- Multidisciplinariedad: Todos los campos de la Ciencia están representados.
- Selectividad: Las revistas son escogidas sobre la base de criterios cuantitativos (atendiendo a la cantidad de citas que reciben), y definitivamente seleccionadas según juicio de expertos.
- Cobertura total de los contenidos de las más de 8 000 revistas fuente.
- Dirección completa de cada uno de los autores de los trabajos registrados en la base de datos.
- Referencias bibliográficas: cada una de las referencias de los artículos se procesan, lo cual resulta una de sus principales prestaciones, pues facilita su utilización para análisis de citas y construcción de indicadores.

Esta última característica la hace muy peculiar, pues hasta hace unos años era la única que podía ofrecer el recuento de citas recibidas por cada artículo, gracias al procesamiento de las referencias bibliográficas de todos los trabajos que forman parte de la base de datos. Esta prestación, actualmente, la han comenzado a brindar servicios en línea como SCOPUS, de *Elsevier B.V.*, y *Google Scholar*, ambos con mayor cobertura documental, y cuyo estudio en los próximos años de seguro develará nuevos e interesantes trabajos de investigación (MOYA ANEGÓN *et al.*, 2007a).

La elección de las bases de datos del ISI estuvo fundamentada, además, por ser la publicación de artículos en *corriente principal* uno de los principales parámetros evaluativos que establece el MES para sus instituciones.

Por otra parte, las revistas indizadas por el ISI pertenecen a diferentes categorías temáticas que facilitan la identificación de la materia de los artículos; y a través de una base de datos denominada *Journal Citation Report*, se brindan toda una serie de indicadores de las mismas, entre los que se destaca, por constituir un dato importante para cualquier evaluación institucional, el Factor de Impacto.

El *Journal Citation Report* se utilizó para identificar el Factor de Impacto de las revistas donde se publicaron los artículos del MES, el cual se empleó como indicador cualitativo para determinar la visibilidad de una investigación,

teniendo en cuenta el volumen de citas que recibe la revista donde fueron publicados sus resultados.

3.4. Determinación del nivel de agregación

Si bien se recuperaron todos los artículos nacionales publicados durante el período, el nivel de agregación de la investigación es medio (o *meso*), puesto que solo caracterizará un subsistema del sistema de Educación Superior, específicamente el integrado por las instituciones adscritas al MES.

De esta forma, los indicadores bibliométricos se utilizarán para describir la producción científica de las CES y UCT, y del MES en conjunto, teniendo en cuenta las variables temporales, temáticas y geográficas del nivel.

3.4.1. Distribución temporal

El período comprendido entre el 1ro de enero de 2004 y 31 de diciembre de 2006, fue la distribución temporal utilizada.

La elección del período a evaluar estuvo determinada por varios factores. En primer lugar, porque los tres años que abarca fueron analizados de manera individual en anteriores informes realizados por el Departamento de ICT del CNIC para la Dirección de Ciencia y Técnica del MES, y se deseaba tener una visión general de todo el período. En segundo lugar, porque abarca los años a partir de la implementación de una Estrategia Maestra trazada por el Ministerio para el desarrollo de cada uno de sus subsistemas y componentes estratégicos. Y en tercer lugar, por constituir un período similar al utilizado para determinar el Factor de Impacto de las publicaciones, según el *Journal Citation Report*, por lo que podía hacer comparables este indicador, como medida de visibilidad o impacto esperado de los artículos, con el promedio de citas recibido por los mismos, indicador a su vez de su impacto real sobre la comunidad científica.

3.4.2. Distribución temática

Uno de los aspectos más complejos a encarar en la investigación fue el relativo a la distribución temática de los artículos.

Usualmente, los métodos utilizados para analizar la distribución temática de la producción científica van desde la extracción de las palabras significativas de los títulos, el texto o el resumen; hasta el empleo de descriptores o de clasificaciones.

El presente estudio tuvo en cuenta dos clasificaciones temáticas establecidas a priori tanto por el ISI como por el CTWS de Holanda. El ISI establece una clasificación temática para cada una de las revistas que integran sus bases de datos. El *Journal Citation Report* establece *rankings* de revistas en cada categoría, donde las mismas se distribuyen en orden descendente de acuerdo con su Factor de Impacto. A su vez, el CTWS de Holanda, en numerosos estudios realizados para la Comunidad Europea, utiliza una clasificación temática más general, donde cada una de las categorías principales incluye un grupo de categorías ISI de perfil similar.

La ventaja que ofrece la clasificación propuesta por el CTWS, es que no permite solapamientos, aspecto que sí ocurre en la clasificación del ISI, donde algunas revistas pertenecen a varias categorías.

De manera general, en el presente estudio se hicieron algunas modificaciones a las metodologías establecidas tanto por el CTWS de Holanda como por el grupo SciMago de España; aunque se cumplió el principio de asignar a cada trabajo una categoría determinada.

En primer lugar, teniendo en cuenta que el volumen de artículos no era demasiado elevado, se decidió asignar sólo una categoría ISI por cada trabajo teniendo en cuenta la temática del mismo. Es decir, si una revista poseía más de una categoría ISI, se escogió aquella que mayor relación guardaba con la temática del artículo; en el caso de las revistas que pertenecían a la categoría *Multidisciplinary Sciences*, se les asignó una categoría temática ISI de acuerdo con la temática del artículo; y para disminuir aún más los sesgos que pudiera tener la clasificación empleada, se decidió, en casos excepcionales (como por ejemplo, cuatro artículos sobre Neurociencias de orientación marcadamente biomédica publicados en una revista adscrita exclusivamente a la categoría *Biology*), asignarle otra categoría ISI acorde con su perfil temático. De esta forma, se evitó el solapamiento de artículos en las categorías ISI, de las cuales

un total de 161 recogieron toda la producción científica nacional, y 119 la producción científica del MES.

En segundo lugar, de acuerdo con las características de la producción científica nacional, se decidió modificar los campos temáticos del CTWS, limitando la clasificación a las siguientes categorías:

1. Agricultura y Ciencias de la Alimentación (CA)
2. Ciencias Biológicas (CB)
3. Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información (CC)
4. Ciencias Sociales y Humanidades (CSyH)
5. Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente (CT)
6. Física y Ciencias del Espacio (FA)
7. Ingenierías (ING)
8. Ciencias Médicas (MD)
9. Matemática y Estadística (ME)
10. Ciencias Químicas (QU)

Las Ciencias Sociales y las Humanidades fueron agrupadas en una categoría, teniendo en cuenta la baja producción identificada en ambas temáticas.

La adscripción de las categorías ISI a los campos temáticos del CTWS se hizo siguiendo la metodología empleada por el grupo SciMago (CHINCHILLA RODRÍGUEZ, 2004).

3.4.3. Distribución geográfica

El criterio geográfico se utilizó para el análisis de la colaboración internacional del Ministerio en cada uno de los campos temáticos. Los 51 países identificados en la producción científica del MES, de los cuales 28 tuvieron un promedio de más de un artículo por año, fueron agrupados en seis áreas geográficas para su representación reticular:

- a) América Latina y el Caribe
- b) América del Norte

- c) Africa
- d) Asia y Medio Oriente
- e) Australia y Oceanía
- f) Europa

3.5. Búsqueda, recuperación y procesamiento de la información

La extracción de los datos para la realización del estudio se llevó a cabo en la versión en línea de las bases de datos del ISI, denominada *Web of Science*, disponible a través del portal de la Biblioteca Electrónica de la Universidad de Granada.

La búsqueda se llevó a cabo en el mes de junio de 2007. Se prefirió esta fecha para la descarga de los artículos con vistas a evitar la pérdida de los registros correspondientes al año 2006, pues usualmente el 10 % de los artículos correspondientes a un año –principalmente los publicados durante la última etapa–, ingresan a las bases de datos del ISI durante los tres o cuatro primeros meses del año siguiente (CHINCHILLA RODRÍGUEZ, 2004).

El objetivo de la búsqueda consistió en recuperar todos los artículos con al menos un autor cubano; por lo que se trazó como estrategia la identificación de la palabra “Cuba” en el campo *Author Address* en toda la base de datos. Una vez obtenidos los más de 11 000 registros, se restringió la búsqueda a los años 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 y 2006, utilizando la interface disponible en el *Web of Science* para refinar búsquedas. De esta forma se eliminó la posibilidad de recuperar artículos del 2007 o años anteriores con fecha de entrada en el período. Los registros fueron descargados año por año, en ficheros “.cgi”, de lectura automática para programas gestores de referencias bibliográficas.

Se utilizó el programa *EndNote 10*, gestor de referencias bibliográficas desarrollado por el ISI, para importar los ficheros recuperados. Se creó un filtro *EndNote* para asignar campos especiales a los campos *Times Cited*, *Type of Article* y *Subject Categories*, que habitualmente son importados por defecto en el campo *Notes*, y crear otros para registrar los datos relacionados con la clasificación CTWS, el Factor de Impacto, el Factor de Impacto Normalizado, el Tipo de colaboración, y la Entrada Institucional Normalizada. Los años 2004, 2005 y 2006, se importaron a un fichero *EndNote* independiente.

Paralelamente se llevaron a cabo los procesos de normalización y clasificación de los artículos.

Por un lado, de forma manual, se utilizó el campo correspondiente para registrar, previo análisis del campo *Author Address*, la entrada normalizada de las instituciones. Las instituciones del MES, fueron identificadas con el prefijo “MES-...”, el resto de las instituciones nacionales con el prefijo “CUB-...”, y las internacionales de acuerdo con el país: “ARG-...”, “ALE-...”, “ESP-...”, etc.

A su vez, se fue registrando en otro campo el tipo de colaboración, mediante las siguientes siglas: SC, para los artículos cuyos autores pertenecen a una misma institución; CN, para los artículos con autores pertenecientes a dos o más instituciones nacionales, independientemente de la presencia de autores internacionales; y CI, para los artículos con al menos un autor de procedencia internacional. De igual forma, de acuerdo con la presencia de dos o más instituciones nacionales o internacionales, se utilizaron las siglas CN-2 y CI-2 para la colaboración bilateral, CN-3 y CI-3 para la trilateral, y así sucesivamente, de acuerdo con el rango de la colaboración.

Simultáneamente, se revisó el título, descriptores y resumen de cada artículo, para asignar la categoría ISI acorde con la temática del trabajo en el campo *Subject Category*, y de acuerdo con esta, asignarle su correspondiente campo temático del CTWS.

La versión en línea del *Journal Citation Report* se empleó para identificar los valores máximos de Factor de Impacto de cada categoría (de utilidad en la fórmula para la normalización utilizada), así como los Factores de Impacto de cada una de las revistas donde se publicaron los artículos, los cuales fueron incluidos en los registros. Al no estar disponible aún la versión del 2006, se escogió la versión del *Journal Citation Report* correspondiente al año 2005 para el estudio del período 2004-2006.

Una vez incluidos todos los datos pertinentes, los 1 223 registros con participación de al menos una institución del MES fueron analizados de forma independiente. El procesamiento de todos los datos contenidos en la base de datos, y el cálculo de los indicadores seleccionados para el estudio, se realizó mediante el programa *Microsoft Excel*, del paquete de programas *Microsoft*

Office 2007, donde fueron creadas las tablas y figuras correspondientes, incluidos los gráficos con representaciones multivariadas.

Las figuras reticulares utilizadas para la representación de las relaciones de colaboración internacional, en cada categoría temática, fueron realizadas de acuerdo con la metodología propuesta por el grupo SciMago, con el objetivo de identificar los países colaboradores en cada categoría y ver cómo repercuten estas relaciones en la visibilidad internacional (MOYA ANEGÓN *et al.*, 2005). Los mapas heliocéntricos fueron creados mediante los programas *Ucinet 6.0* y *Pajek 1.02*.

3.6. Sistema de indicadores

Los indicadores que se proponen en el presente trabajo pretenden caracterizar la producción científica del MES, tanto a nivel institucional como por campos del conocimiento.

Constituyen una batería de 21 indicadores, con 5 indicadores de producción, 10 de impacto, y 6 de colaboración.

El organigrama de los indicadores es el siguiente:

1. Indicadores de Producción

Ndoc	Número de documentos
% Ndoc:	Porcentaje del Número de documentos
TV	Tasa de Variación
IET	Índice de Especialización Temática
IER	Índice de Especialización Relativo

2. Indicadores de impacto

FIN	Factor de Impacto Normalizado
FINP	Factor de Impacto Normalizado Ponderado
Ntac	Número de trabajos de alta calidad
Ptac	Proporción de trabajos de alta calidad

ICR	Indice de Calidad Relativa
Ndoc cit	Número de documentos citados
%Ndoc cit	Porcentaje de documentos citados
Ncit	Cantidad de citas recibidas
NcitXNdoc	Promedio de citas por artículo
Representaciones multivariadas (Combina Ndoc, IER, FINP, NcitXNdoc)	

3. Indicadores de colaboración

I-Coaut	Indice de Co-autoría
Tasas de colaboración (Sin colaboración, nacional, nacional exclusiva e interna- cional)	Porcentajes de documentos firmados con- juntamente por distintos agentes del sistema de producción de conocimientos
Ndoc CI	Número de documentos en colaboración internacional
%Col Int	Proporción de artículos en colaboración internacional
II	Indice de Internacionalización
Mapa de vecinos	Países colaboradores según clase temática

3.6.1. Indicadores de producción

Ndoc: Indicador que señala el número de documentos de cualquier tipo en el que intervenga un autor cubano, para el caso de la producción científica nacional; o de un CES o UCT, para el caso de la producción científica del MES. Mide el volumen de la producción científica:

$$\mathbf{Ndoc = doc_1 + doc_2 + \dots doc_n}$$

% Ndoc: Porcentaje de trabajos respecto al total de documentos diferentes del nivel señalado. Estima el grado de participación de un CES o UCT, campo temático o cualquier otro nivel de agregación, en el conjunto de la producción que se considere.

$$\%Ndoc_{(i)} = (Ndoc_{(i)} / Ndoc) \times 100$$

TV: Tasa de Variación. Muestra el aumento cuantitativo que un dominio realiza respecto al año anterior. Constituye la diferencia porcentual del número de trabajos en relación con el total de una producción anterior. Se presenta en términos absolutos para los datos absolutos (TV) y en términos porcentuales para los porcentajes (TV %).

$$TV = ((Ndoc_n - Ndoc_{n-1}) / Ndoc_n) \times 100$$

IET (Índice de Especialización Temática). Indicador que se utiliza para reflejar la actividad en un área temática por su nivel de especialización, entendida como el esfuerzo relativo que un individuo, institución o país dedica a una disciplina o área temática. Originalmente propuesto por Frame y Carpenter como “Índice de Actividad”, en la presente investigación se calcula para la producción científica del MES con respecto a la nacional para cada temática mediante la siguiente fórmula:

$$IET_{cat} = (Ndoc_{cat\ i\ (MES)} / Ndoc_{\sum cat\ (MES)}) / (Ndoc_{cat\ i\ (Cuba)} / Ndoc_{\sum cat\ (Cuba)})$$

Y para la producción científica por categorías de cada CES y UCT con respecto al MES:

$$IET_{cat} = (Ndoc_{cat\ i\ (CES\ o\ UCT)} / Ndoc_{\sum cat\ (CES\ o\ UCT)}) / (Ndoc_{cat\ i\ (MES)} / Ndoc_{\sum cat\ (MES)})$$

IER (Índice de Especialización Relativo). En el caso del IET para cada CES y UCT, con fines comparativos y en función de su representación multivariada, se utiliza una transformación de la ratio de los porcentajes para obtener valores en una escala de 1 a -1, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{IER} = (\text{IET} - 1) / (\text{IET} + 1)$$

3.6.2. Indicadores de impacto

La dimensión cualitativa de la producción científica de los CES y UCT del MES se analizó desde dos perspectivas. Por un lado se utilizaron indicadores basados en el Factor de Impacto de las revistas donde fueron publicados los artículos, como medida de visibilidad o impacto esperado. Por otro lado, se utilizaron las citas recibidas por los artículos durante el período, como medida de visibilidad o impacto real.

3.6.2.1. Dimensión cualitativa basada en el impacto esperado

En el primer caso, el indicador base fue el Factor de Impacto creado por Eugene Garfield (FIG), el cual se calcula, para una revista en un año determinado, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{FIG}_{ij} = \text{A} / \text{B}$$

Donde:

FIG_{ij} es el Factor de Impacto de la revista *i* en un año *j*, **A** es el número de veces que, durante el año *j*, las revistas fuente del ISI han citado artículos publicados en los dos años anteriores por la revista *i*, y **B** es el total de artículos publicados por la revista *i* en los dos años anteriores a *j*.

El FIG, sin embargo, no puede ser utilizado para comparar revistas de diferentes campos de investigación (VINKLER, 2002), por lo que para estos fines debe ser normalizado.

En el presente trabajo se utilizó una variante propuesta por Sen en el año 1992 (SEN, B. K., 1992), y que ha sido utilizada en recientes investigaciones (GARG

et al., 2006; GUAN y MA, 2004), conjuntamente con otros indicadores derivados del mismo. Los indicadores utilizados fueron los siguientes:

Factor de Impacto Normalizado (FIN). Indicador derivado del FIG, con valores entre 0 y 10, que permite la comparación entre revistas de diferentes campos temáticos, y se le asignó a cada uno de los trabajos:

$$FIN_{ij} = (FIG_{ij} / FIG_{max}) \times 10$$

Donde **FIN** es el Factor de Impacto Normalizado de una revista *i* en el año *j*, **FIG_{max}** es el mayor Factor de Impacto de la categoría a la que pertenece la revista *i* ese año, y 10 es el multiplicador utilizado para obtener valores entre 0 y 10.

Al asignar una sola categoría ISI a los artículos analizados según su temática, se garantizó la utilización de un solo FIN para cada trabajo.

Factor de Impacto Normalizado Ponderado (FINP): Impacto medio ponderado para un conjunto de publicaciones pertenecientes a instituciones u otros niveles de agregación. Indica de forma indirecta la visibilidad esperada para un grupo de artículos, y permite la comparación entre instituciones y campos temáticos.

$$FINP = (\sum Ndoc \times FIN) / \sum Ndoc$$

Se optó por escoger como umbral para determinar la calidad potencial de los trabajos analizados, atendiendo a los criterios encontrados en la literatura (GARG *et al.*, 2006), un valor aproximado al cuadrado del FINP para el MES (1,581). Así, los trabajos con $FIN \geq 3,000$ fueron considerados como trabajos de muy alta calidad, de acuerdo con el grado de visibilidad alcanzado en su respectivo campo del conocimiento.

Número de trabajos de alta calidad (Ntac): Indicador que señala el número de documentos con un FIN $\geq 3,000$. Serán considerados como los trabajos que mayor visibilidad han alcanzado dentro de la producción científica de una institución u otro nivel de agregación.

Proporción de trabajos de alta calidad (Ptac): Indicador porcentual que señala la proporción de trabajos con un FIN $\geq 3,000$ dentro de la producción científica de una institución u otro nivel de agregación.

$$Ptac = (Ntac / Ndoc) \times 100$$

Indice de calidad relativa (ICR): Indicador que determina la calidad relativa de un conjunto de trabajos de una institución u otro nivel de agregación (NAGPAUL, 1995). Se utilizó para comparar la proporción de trabajos de alta calidad de una institución o categoría temática, con respecto a la proporción de trabajos de alta calidad del MES.

$$ICR = (Ptac_{ic} / Ptac_{MES}) \times 100$$

Donde **Ptac_{ic}** es la proporción de trabajos de alta calidad de una institución *i* o una categoría *c*, y **Ptac_{MES}** es la proporción de trabajos de alta calidad de toda la producción científica del MES.

El ICR se calculó además para la producción científica de los CES y UCT en cada categoría, por lo que **Ptac_{ic}** significó la proporción de trabajos de alta calidad de una institución *i* en una determinada categoría *c*, y **Ptac_{MES}** la proporción de trabajos de alta calidad del MES en la categoría analizada.

El ICR permitió construir una escala de valores, donde los volúmenes de producción de cualquier nivel de agregación con valores igual a cero se consideraron de baja calidad; entre 1 y 49, de calidad media; entre 50 y 99, de alta calidad; y con más de 100, de excelencia científica.

3.6.2.2. Dimensión cualitativa basada en el impacto real

La segunda perspectiva desde la que se analizó la producción científica del MES, estuvo orientada hacia la determinación del impacto real de los trabajos, de acuerdo con la cantidad de citas recibidas durante el período.

Al estudiar un período similar al establecido para determinar el Factor de Impacto de las publicaciones seriadas, los valores de citación obtenidos pueden ser utilizados para determinar si existe o no correspondencia entre la visibilidad alcanzada por una investigación, de acuerdo con el FIN de la revista donde se publica, y la visibilidad que realmente se alcanza por medio de las citas recibidas por los artículos.

Los indicadores calculados fueron los siguientes:

Ndoc cit: Indicador que señala el número de documentos de cualquier tipo que recibieron al menos una cita durante el periodo. Mide el volumen de la producción científica que ha alcanzado el impacto mínimo esperado.

$$\text{Ndoc cit} = \text{doc cit}_1 + \text{doc cit}_2 + \dots \text{doc cit}_n$$

%Ndoc cit: Porcentaje de trabajos citados respecto al total de documentos diferentes del nivel señalado. Estima el grado de visibilidad alcanzado por un CES o UCT, campo temático o cualquier otro nivel de agregación, en el conjunto de la producción que se considere.

$$\% \text{Ndoc cit} = (\text{Ndoc cit} / \text{Ndoc}) \times 100$$

Ncit: Indicador que señala la cantidad de citas recibidas por el conjunto de la producción científica de un CES o UCT, campo temático o cualquier otro nivel de agregación. No es más que la sumatoria de las citas recibidas por cada artículo citado.

$$\text{Ncit} = \text{cit}_1 + \text{cit}_2 + \dots \text{cit}_n$$

Promedio de citas por artículo (NcitXNdoc): Media de citas recibidas por el conjunto de la producción científica de un CES o UCT, campo temático o cualquier otro nivel de agregación. Indica de forma directa el impacto o visibilidad alcanzada por un grupo de artículos.

$$\text{NcitXNdoc} = \text{Ncit} / \text{Ndoc}$$

Mide el impacto de una investigación, aunque en él influyen los hábitos de citación que se manifiestan dentro del campo de investigación al que pertenece la misma. Puede ser correlacionado con el valor del FIN en diferentes niveles de agregación, para determinar hasta qué punto este puede influir en el impacto real de los trabajos.

3.6.2.3. Representaciones multivariadas

La combinación de los indicadores de producción, especialización e impacto utilizados en el estudio, con el fin de determinar la posición de cada CES y UCT con respecto al MES, tanto de forma general como en cada campo temático, se realizó a través de representaciones multivariadas.

El objetivo primordial fue establecer una zona de relevancia científica, ubicada en el cuadrante superior derecho de cada gráfico, donde los valores *especialización-impacto* (IER-FINP) o *impacto real-impacto esperado* (NcitXNdoc-FINP) son superiores a los definidos para la media del MES de forma general o en cada campo del conocimiento.

En esta zona se ubicarán, de acuerdo con el nivel de agregación que se observe, tanto los campos temáticos donde más relevante ha sido la producción científica del MES, como los centros que mayor relevancia han alcanzado en cada campo. El criterio cualitativo que implica la posición dentro del cuadrante superior derecho de cada grafo, es enriquecido además con el volumen de la producción (definido por el tamaño de las esferas), y el ICR de los trabajos (expresado en la gama de colores utilizada). De acuerdo con la escala de valores determinada por el ICR, el color será blanco para los centros

o campos temáticos con calidad baja; rosa pálido para los de calidad media; naranja para los de alta calidad; y rojo para la excelencia científica.

3.6.3. Indicadores de colaboración

La colaboración científica constituye uno de los aspectos más tratados por los estudios bibliométricos en la actualidad, y es, al mismo tiempo, uno de los más complejos de tratar metodológicamente, pues se requiere un arduo trabajo de normalización y el establecimiento de un criterio para determinar la importancia relativa de cada entidad coautora de un artículo.

La presente investigación utilizó la cuenta completa como método de recuento, por lo que se asignó cada documento a todas y cada una de las instituciones o países firmantes del mismo.

Los indicadores de producción e impacto se utilizaron de igual forma para caracterizar el comportamiento de los artículos publicados en colaboración. Los indicadores de colaboración se limitaron a aquellos que permitieron caracterizar la producción científica con participación internacional, por lo que sólo fueron utilizados los esenciales para este propósito, así como indicadores relacionales para analizar la colaboración internacional por categorías temáticas.

Índice de Co-autoría: Promedio de autores por artículo.

Tasas de colaboración: Porcentaje de documentos firmados conjuntamente por distintos agentes del sistema de producción de conocimiento.

Se identificaron tres tipos de artículos. Artículos sin colaboración (SC), artículos en colaboración nacional (CN), y artículos en colaboración internacional (CI); aunque se analizaron aparte los artículos con presencia exclusiva nacional.

Indicadores de visibilidad según tipos de colaboración: Se calculan a partir de los valores del FINP y el NcitXNdoc.

Ndoc CI: Indicador que señala el número de documentos de un CES o UCT, campo temático o cualquier otro nivel de agregación realizados con la participación de al menos una institución internacional.

Proporción de artículos en colaboración internacional (% Col Int): Mide el porcentaje de trabajos publicados con respecto al la producción total del nivel señalado.

Índice de Internacionalización (II): Indicador que brinda información sobre el mayor o menor grado de participación internacional en el total de la producción del MES. Se calcula a través de la expresión:

$$II = (Ndoc CI / Ndoc) \times 100$$

Como indicadores relacionales, se utilizaron mapas heliocéntricos para determinar la cercanía de los países colaboradores de acuerdo con su FINP, atendiendo a la metodología desarrollada por el grupo SciMago (MOYA ANEGÓN *et al.*, 2005).

Mapa de vecinos: Países participantes según clase temática.

El objetivo de esta representación es mostrar las relaciones de colaboración internacional del MES por cada clase temática, identificar los países y zonas geográficas con las que más se relaciona, medir la intensidad de los vínculos, determinar la visibilidad de la colaboración a partir del FINP de los artículos producidos en conjunto, y analizar cómo esta ha incidido positivamente en el impacto de la producción científica, al comparar el FINP de cada colaboración bilateral con el FINP del MES y el FINP de la colaboración internacional del MES.

Los mapas se caracterizan por tener un nodo central, que en este caso es el MES, y un grupo de nodos (países colaboradores) con los cuales este interactúa, tanto de manera global como por cada campo temático. La distancia de los nodos es inversamente proporcional al impacto de los trabajos en

conjunto, por lo que la cercanía al nodo central denota mayor visibilidad. El tamaño de los nodos equivale a su producción científica, y el color a la zona geográfica mundial.

Se utilizó la siguiente función para normalizar las escalas en el mapa (CHINCHILLA RODRÍGUEZ, 2004):

$$Z_j = X_j - 1 / X_{MES} - 1$$

Donde X_j es el FINP para las publicaciones en colaboración con el país j en una clase temática, y el X_{MES} el FINP del MES.

La representación espacial de los grafos se realizó con el algoritmo de visualización *Kamada-Kawai* (KAMADA y KAWAI, 1989). Para poder comparar el grado de importancia de la colaboración científica con un determinado país, se representaron en los mapas con círculos concéntricos los valores del FINP de la producción total del MES en color verde, y el FINP de la colaboración internacional del MES en color rojo.

3.7. Consideraciones finales para el análisis del dominio MES y limitaciones del estudio

Entre los múltiples aspectos a tener en cuenta para llevar a cabo el análisis del dominio MES, se deben destacar los siguientes:

En primer lugar, según estadísticas del período 2001-2003, la producción científica anual del MES en *corriente principal* constituye aproximadamente el 20 % del total de artículos que se publican en revistas indizadas en bases de datos internacionales, y el 5 % de la producción científica total en revistas nacionales e internacionales.

Fuera de este 5 %, se encuentra prácticamente toda la producción científica de las Ciencias Sociales y Humanidades, así como los artículos publicados en las más de 100 revistas científicas cubanas, de las cuales sólo una es indizada por las bases de datos del ISI.

Por tanto, la evaluación de la actividad científica realizada en las CES y UCT está incompleta si sólo se limita al análisis de las revistas de *corriente principal*.

La *corriente principal* sólo muestra un fragmento del Iceberg que constituye la Ciencia nacional; aunque el hecho de resultar el fragmento más visible a nivel internacional, hace de su análisis un importante instrumento para determinar el impacto que la estrategia de internacionalización desarrollada por el MES está teniendo en sus instituciones.

Por consiguiente, la publicación de artículos en *corriente principal* es sólo un aspecto de una gran gama de objetivos estratégicos que se traza la política científica del MES, donde entran a jugar, además, las diferentes misiones y visiones orientadas para cada CES y UCT. Por esta razón, cuando se habla de calidad de la investigación en el presente trabajo, se estará haciendo referencia sólo a la dimensión cualitativa de la proyección internacional de esa investigación.

Los temas relacionados con las Ciencias Sociales y las Humanidades, en los que las monografías juegan un papel mucho más importante que las publicaciones seriadas, o las Ingenierías, donde los informes técnicos constituyen una de las principales salidas de la investigación, de igual forma están expuestos a una caracterización parcial e incompleta.

Finalmente, la principal limitante del estudio radica en la no disponibilidad de datos socioeconómicos que hubieran enriquecido sobremanera el análisis del dominio MES. Los datos relativos a personal de I+D, presupuestos destinados a la investigación, cantidad de proyectos internacionales, ingresos por proyectos, patentes solicitadas y concedidas, movilidad académica, entre otros, constituyen aspectos íntimamente relacionados con los procesos de investigación; y conjuntamente con las metas sociales que guían la actividad docente-investigativa de las instituciones del Ministerio, conforman un engranado sistema, cuya evaluación requiere de una batería de indicadores cuantitativos mucho más ambiciosa que la presente propuesta.

Capítulo 4

Caracterización de la Producción Científica de las Instituciones adscritas al Ministerio de Educación Superior

4.1. Características generales de la producción científica cubana y del MES

La producción científica cubana en revistas de *corriente principal* ha experimentado un crecimiento sostenido a lo largo de los últimos 20 años, el cual ha sido analizado desde diferentes perspectivas y por autores nacionales e internacionales.

Algunos trabajos han expuesto claramente la imposibilidad de caracterizar con precisión los procesos de investigación científica e innovación tecnológica nacionales a través del estudio de las bases de datos del ISI, al tener en cuenta factores de toda índole que inciden en la poca presencia de países menos desarrollados en dichas fuentes de información (LANCASTER *et al.*, 1986; SHRUM, 1997). Otros han tratado de estudiar su comportamiento con respecto al resto de los países de la región, principalmente al abordar temáticas en las que Cuba ha alcanzado cierto protagonismo, como la investigación sobre el SIDA (MACÍAS CHAPULA, 2001), la producción de vacunas (GUZMÁN SÁNCHEZ *et al.*, 1998), la implementación de ensayos clínicos (ARAUJO RUÍZ, J.A. *et al.*, 2002) o las Ciencias Agrícolas (GUZMÁN SÁNCHEZ *et al.*, 2002).

La producción científica sobre agricultura ha sido particularmente analizada tomando como referencia las bases de datos del ISI, tanto para el estudio específico de la disciplina (LICEA DE ARENAS *et al.*, 1994), como para el estudio de la única revista cubana de *corriente principal*: *Cuban Journal of Agricultural Science* (TORRICELLA MORALES *et al.*, 2000), e incluso para la identificación de redes de colaboración internacional en la temática (MOYA ANEGÓN *et al.*, 2007b).

Solamente dos estudios han podido caracterizar el comportamiento de la producción científica nacional de manera global (ARAUJO RUÍZ, J. A. *et al.*, 2005; SANCHO *et al.*, 1993), y en ambos se pudo constatar no sólo el

crecimiento de las investigaciones llevadas a cabo en el país con presencia en los principales canales de información utilizados por la comunidad científica, sino también el peso que tienen dentro de la misma las investigaciones desarrolladas por las instituciones adscritas al MES.

En la investigación desarrollada por especialistas del Centro de Información y Documentación (CINDOC) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España, y el Instituto Cubano de Investigación sobre los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), se pudo apreciar el aumento gradual de los artículos cubanos en el Science Citation Index (SCI) durante el período comprendido entre los años 1985 y 1989 (SANCHO *et al.*, 1993). La Universidad de la Habana (UH) y el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) producían en aquel entonces el 25,6 y el 18,7 % de los 534 artículos identificados respectivamente, y constituían las dos instituciones más productivas tanto del MES como de Cuba, en una época marcada por las estrechas relaciones de colaboración establecidas con los países del otrora bloque socialista.

Doce años más tarde, Araujo y colaboradores evaluaron el período 1988-2003, y observaron el crecimiento de la producción científica cubana en el Web de la Ciencia, de un total de 236 artículos en 1988, hasta 734 artículos en el último año comprendido en el estudio (ARAUJO RUÍZ, J. A. *et al.*, 2005). Las 24 instituciones más productivas fueron responsables del 90,1 % de la producción total del país, donde el 50,6 % correspondió a las publicaciones de los CES y UCT del MES.

4.2. Indicadores de producción durante el período 2004-2006

La presente investigación se centró en el análisis del período 2004-2006, aunque permitió valorar el comportamiento de la producción científica durante el nuevo siglo, donde se observó, al igual que en los estudios anteriores, el ascenso gradual de la cantidad de trabajos publicados por el país, y el aporte significativo de las instituciones adscritas al MES en el volumen total de la producción (Figura 1)

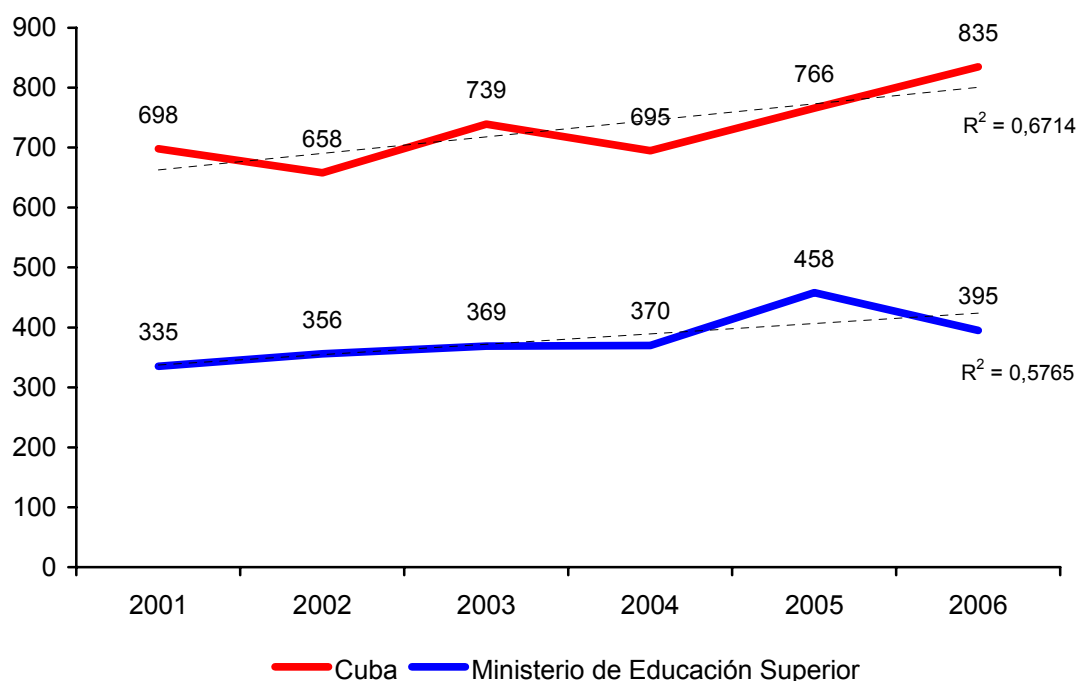
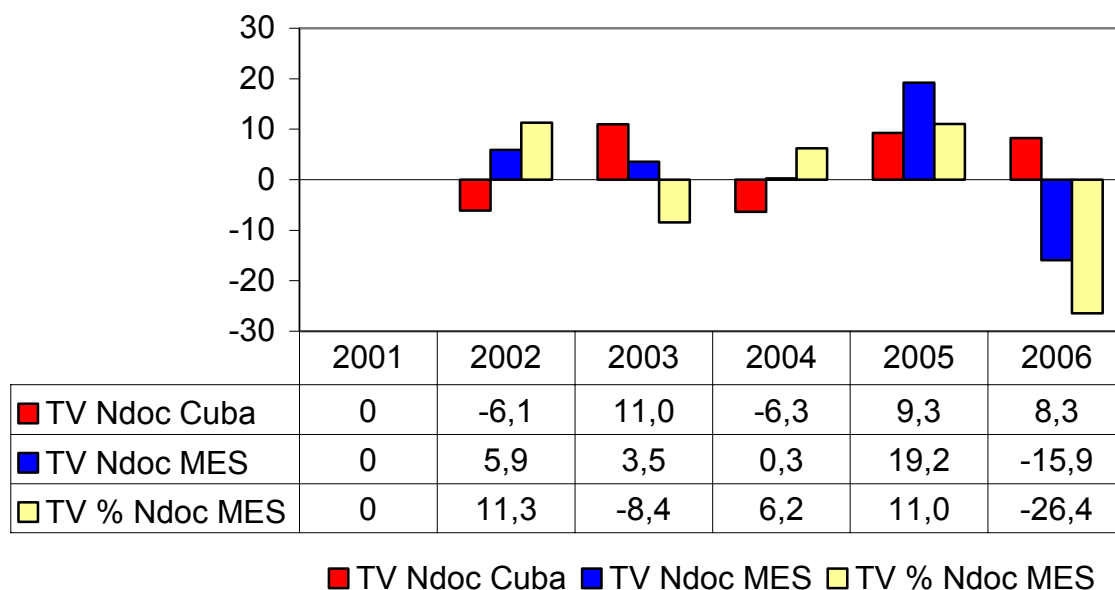


Figura 1. Producción científica cubana y del MES durante el período 2001-2006.

Desde 1999, la producción científica nacional ha estado por encima de los 650 artículos, alcanzando cifras significativas durante los años 2001 y 2003. La tasa de variación de la producción científica durante los años 2002 y 2004, decreció en un 6,1 y 6,3 % respectivamente (Figura 2); en el primer caso, debido a las afectaciones provocadas por las medidas tomadas por el gobierno de los Estados Unidos para boicotear la publicación de artículos provenientes de Cuba en revistas norteamericanas (medidas sumamente criticadas a nivel internacional); en el segundo caso, por la imposibilidad de alcanzar los 739 artículos publicados en el 2003. Probablemente, la necesidad de buscar canales de comunicación no bloqueados por la absurda medida norteamericana propició los esfuerzos por revertir el descenso experimentado en el 2002; y todo el despliegue mediático alrededor de la medida, posibilitó el reconocimiento, por parte de la comunidad científica nacional, de la importancia estratégica que implica la publicación de trabajos de investigación en revistas de *corriente principal*.



TV Ndoc Cuba 2001-2006: 16,4
 TV Ndoc MES 2001-2006: 15,2
 TV % Ndoc MES 2001-2006: -1,5

TV Ndoc Cuba 2004-2006: 16,8
 TV Ndoc MES 2004-2006: 6,3
 TV % Ndoc MES 2004-2006: -12,5

Figura 2. Tasa de variación de la producción científica nacional y del MES, y Tasa de variación porcentual de la producción científica del MES con respecto a la de Cuba durante el período 2001-2006.

El despegue observado durante el período 2004-2006, bien pudiera anunciar una tendencia a alcanzar cifras superiores a los 1 000 artículos en revistas de *corriente principal* para finales de la década, lo cual estaría en congruencia con los esfuerzos realizados por el país durante los últimos años en materia de formación de recursos humanos, y específicamente en la formación y superación de científicos y académicos.

La producción científica del MES, por su parte, manifestó una tendencia ascendente durante todo el período, excepto en el último año analizado, donde no se logró superar los 458 artículos del año 2005, aunque sí se alcanzó la segunda mayor cifra de la historia (Figura 1). La tasa de variación anual fue *in crescendo* a lo largo del período, y el año 2005, sin duda alguna, fue un año exitoso para la actividad científica del Ministerio, al constituir el 59,8 % de la producción científica del país en *corriente principal* (Figura 2). En el año 2006, el descenso observado en la tasa de variación porcentual con respecto a la producción nacional está íntimamente relacionado con el máximo aporte

brindado por el sector sanitario cubano y las instituciones pertenecientes al Polo Científico del Oeste de la Capital y al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), las cuales trabajaron conjuntamente con el MES para alcanzar los 835 artículos en el Web de la Ciencia.

4.3. Tipología documental

La tipología documental es otro de los aspectos que revela el protagonismo de los CES y UCT del MES dentro de la producción científica nacional.

Sancho y colaboradores (1993) mostraron una proporción del 76,4 % de artículos de investigación contra un 14,6 % de notas, un 6 % de resúmenes de eventos, un 2,6 % de cartas al editor, un editorial y una revisión bibliográfica. Durante el período comprendido en el presente estudio, la producción científica cubana se conformó básicamente con artículos de investigación (84,2 %), resúmenes de eventos (8,1 %), revisiones bibliográficas (3 %), cartas al editor (2,7 %) y material editorial (1,8 %), además de unas pocas correcciones, revisiones de libros, noticias y reseñas biográficas (Tabla 1). Tal comportamiento puso de manifiesto una evolución en la producción de artículos citables (específicamente artículos de investigación y revisiones bibliográficas), los cuales constituyen la base para la determinación de la visibilidad de la investigación en numerosos sistemas nacionales para la evaluación de la Ciencia – como el CTWS de la Universidad de Leiden en Holanda, el SPRU de la Universidad de Sussex en el Reino Unido, o la FECYT en España, e incluso para la determinación del impacto de las revistas científicas en las nuevas herramientas desarrolladas por el consorcio *Thomson Scientific*, particularmente la base de datos denominada *Journal Performance Indicators* (JPI) (GARFIELD, 2006).

En este sentido, el MES presentó indicadores sumamente destacados, pues algo más del 95 % de su producción científica durante el período estuvo compuesta por artículos de investigación y revisiones bibliográficas. Además, el 58,6 % de los artículos originales generados por el país provino de la actividad científica desarrollada en las CES y UCT del MES, proporción que llegó a alcanzar el 63,7 % en el año 2005 (Tabla 1).

Tabla 1. Tipología documental de la producción científica del MES con respecto a la producción científica nacional durante el período 2004-2006.

2004	Ndoc Cuba	% de 695	Ndoc MES	% de 370	% de Cuba
ARTICLE	615	88,49	358	96,76	58,2
REVIEW	26	3,74	5	1,35	19,2
MEETING ABSTRACT	25	3,60	2	0,54	8,0
EDITORIAL MATERIAL	16	2,30	3	0,81	18,8
LETTER	11	1,58	0	0,00	0
BOOK REVIEW	1	0,14	1	0,27	100
NEWS ITEM	1	0,14	1	0,27	100
2005	Ndoc Cuba	% de 766	Ndoc MES	% de 458	% de Cuba
ARTICLE	644	84,07	410	89,52	63,7
MEETING ABSTRACT	54	7,05	11	2,40	20,4
REVIEW	27	3,52	22	4,80	81,5
LETTER	23	3,00	2	0,44	8,7
EDITORIAL MATERIAL	15	1,96	11	2,40	73,3
CORRECTION	3	0,39	2	0,44	66,7
2006	Ndoc Cuba	% de 835	Ndoc MES	% de 395	% de Cuba
ARTICLE	674	80,72	365	92,41	54,2
MEETING ABSTRACT	106	12,69	17	4,30	16,0
LETTER	27	3,23	2	0,51	7,4
REVIEW	15	1,80	5	1,27	33,3
EDITORIAL MATERIAL	11	1,32	5	1,27	45,5
BIOGRAPHICAL-ITEM	1	0,12	0	0,00	0
BOOK REVIEW	1	0,12	1	0,25	100
2004-2006	Ndoc Cuba	% de 2296	Ndoc MES	% de 1223	% de Cuba
ARTICLE	1933	84,19	1133	92,64	58,61
MEETING ABSTRACT	185	8,06	30	2,45	16,22
REVIEW	68	2,96	32	2,62	47,06
LETTER	61	2,66	4	0,33	6,56
EDITORIAL MATERIAL	42	1,83	19	1,55	45,24
CORRECTION	3	0,13	2	0,16	66,67
BOOK REVIEW	2	0,09	2	0,16	100
NEWS ITEM	1	0,04	1	0,08	100
BIOGRAPHICAL-ITEM	1	0,04	0	0,00	0,00

4.4. Distribución idiomática

En cuanto a la composición idiomática de los artículos analizados, el 92,5 % de los mismos fue escrito en lengua inglesa, y el 7,4 % en lengua española (Tabla 2). Este incremento de publicaciones en inglés con respecto al 89 % que representó en el período 1988-2003 (ARAUJO RUÍZ, J. A. *et al.*, 2005), pone

de manifiesto la tendencia profusamente descrita en la literatura de asumir cada vez más el inglés como código por defecto en los procesos de diseminación e intercambio de información entre científicos y académicos.

Tabla 2. Tipología documental de la producción científica del MES con respecto a la producción científica nacional durante el período 2004-2006.

2004	Ndoc Cuba	% de 695	Ndoc MES	% de 370	% de Cuba
ENGLISH	615	88,49	351	94,86	57,07
SPANISH	80	11,51	19	5,14	23,75
2005	Ndoc Cuba	% de 766	Ndoc MES	% de 460	% de Cuba
ENGLISH	719	93,86	444	96,52	61,75
SPANISH	46	6,01	16	3,48	34,78
PORTUGUESE	1	0,13	0	0,00	0,00
2006	Ndoc Cuba	% de 835	Ndoc MES	% de 395	% de Cuba
ENGLISH	789	94,49	384	97,22	48,67
SPANISH	44	5,27	11	2,78	25,00
GERMAN	1	0,12	0	0,00	0,00
PORTUGUESE	1	0,12	0	0,00	0,00
2004-2006	Ndoc Cuba	% de 2296	Ndoc	% de 1225	% de Cuba
ENGLISH	2123	92,47	1179	96,24	55,53
SPANISH	170	7,40	46	3,76	27,06
PORTUGUESE	2	0,09	0	0,00	0,00
GERMAN	1	0,04	0	0,00	0,00

Sólo dos artículos en portugués, y uno en alemán, fueron identificados durante el período, y resulta notable la ausencia de documentos escritos en otros idiomas. En este fenómeno incide grandemente el hecho de que muchas de las revistas alemanas, francesas, portuguesas, rusas, nórdicas e iberoamericanas indizadas en el Web de la Ciencia, o han asumido el inglés como lengua obligatoria de publicación de los artículos en aras de lograr mayor visibilidad, o poseen una versión en inglés de sus contenidos, o simplemente se trazan pautas editoriales orientadas a la pluralidad idiomática de los trabajos (BAPTIST *et al.*, 1997; KRAUSKOPF y VERA, 1997; PULIDO *et al.*, 1994). En el caso de las publicaciones del MES, este aspecto resulta todavía más visible, al advertirse un incremento de los artículos en inglés del 94,9 % en el año 2004 hasta un 97,4 % en el 2006.

El comportamiento nacional y del MES en cuanto a la proporción de trabajos escritos en idioma inglés y español puede observarse con mayor claridad en la figura 3. Existe una tendencia lineal de crecimiento en la producción científica en lengua inglesa, en contraste con una tendencia lineal de descenso en la producción de artículos en lengua española. Ambas tendencias se manifestaron de manera explícita en la producción nacional, y están particularmente acentuadas en la producción de los CES y UCT pertenecientes al MES (Figura 3).

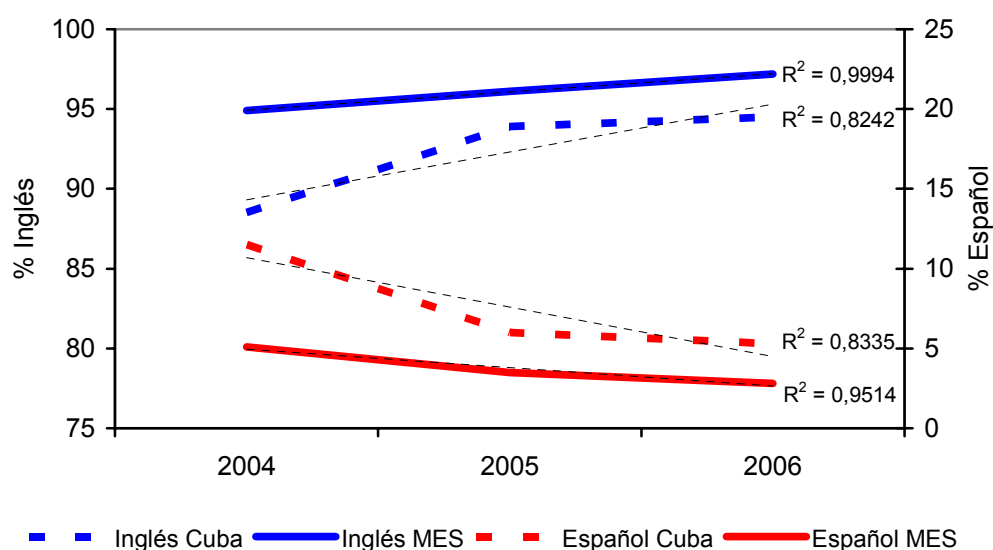


Figura 3. Comportamiento nacional y del MES en la proporción de trabajos escritos en idioma inglés y español durante el período 2004-2006.

4.5. Indicadores cualitativos

La determinación de la cantidad y la calidad relativa de la producción científica de las CES y UCT, de acuerdo con los diferentes indicadores bibliométricos presentes en el actual estudio, permitió la caracterización de la actividad científica visible en canales de comunicación relevantes para la comunidad internacional de académicos e investigadores.

El uso de revistas de *corriente principal* en la evaluación de la labor investigativa de las instituciones, posibilita precisamente alcanzar la integralidad del propio proceso evaluativo.

En primer lugar, se valoran trabajos que han sido sometidos a un riguroso juicio de pares (*peer review*) que ha determinado –con base en criterios de actualidad, pertinencia y aporte científico-técnico– su aptitud para ser publicados, con lo cual ya se establece un primer filtro cualitativo. En segundo lugar, se valora el prestigio del canal de información utilizado para difundir los resultados de la investigación, a través del Factor de Impacto determinado por el ISI, el cual puede ser interpretado como la visibilidad esperada o el impacto potencial de la investigación, de acuerdo con la cantidad de citas que recibe habitualmente la revista donde se publicó. El tercer filtro cualitativo, y el más importante, lo constituyen las citas que esa investigación recibe de otros artículos, las cuales, de manera general y con independencia de los tradicionales debates alrededor de las múltiples motivaciones que pueden traer como resultado una citación, implican un reconocimiento explícito del valor relativo que ha tenido la investigación publicada en el desarrollo ulterior de la nueva investigación.

Como bien se ha planteado en la literatura, toma varios años después de publicado un artículo, en la mayor parte de los casos, para que los niveles de citación de éste puedan revelar su importancia y repercusión para la comunidad científica. Es por eso que el prestigio de las revistas utilizadas juega un rol decisivo en las evaluaciones anuales (VINKLER, 1987).

Por otra parte, las diferencias existentes en el comportamiento de las citaciones en los diversos campos del conocimiento, obliga a la utilización de indicadores de citación relativos, que permitan disminuir las discrepancias entre las diferentes medidas cuantitativas.

La presente investigación analizó cualitativamente la producción científica del MES teniendo en cuenta todos los aspectos mencionados con anterioridad. El factor de impacto normalizado ponderado (FINP), permitió valorar la visibilidad potencial de la investigación realizada en los CES y UCT, con independencia de la temática investigada. La proporción de trabajos de alta calidad (Ptac) y su correspondiente índice de calidad relativa (ICR), permitieron estudiar una mayor dimensión cualitativa, al determinar el esfuerzo de los CES y UCT por colocar sus trabajos en las revistas de mayor factor de impacto en sus correspondientes categorías ISI. La proporción de trabajos citados durante el

período, permitió determinar la visibilidad global de la producción institucional, al identificar el volumen de artículos que ha tenido la mínima repercusión. Finalmente, el promedio de citas recibidas por cada artículo publicado ofrece una medida objetiva y concreta del impacto de la producción científica. El análisis en conjunto de estos indicadores, enriquece sobremanera el proceso evaluativo, y permite alcanzar un alto grado de fiabilidad en los criterios cualitativos y en las valoraciones derivadas del análisis.

Tabla 3. Indicadores de producción e impacto de las CES y UCT del MES durante el período 2004-2006.

Centros	Ndoc	% MES	% Cuba	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ndoc cit	% Ndoc cit	Ncit	Ncit X Ndoc
UH	522	42,68	22,74	1,673	81	15,5	114	208	39,8	542	1,038
CNIC	161	13,16	7,01	1,737	31	19,3	142	75	46,6	239	1,484
UCLV	157	12,84	6,84	1,725	19	12,1	89	84	53,5	411	2,618
ICA	151	12,35	6,58	0,874	1	0,7	5	19	12,6	28	0,185
UO	94	7,69	4,09	1,409	8	8,5	63	25	26,6	39	0,415
UMCC	69	5,64	3,01	1,390	5	7,2	53	37	53,6	99	1,435
CUJAE	37	3,03	1,61	1,556	2	5,4	40	8	21,6	16	0,432
CENSA	35	2,86	1,52	1,056	2	5,7	42	13	37,1	28	0,800
UNAH	20	1,64	0,87	2,500	6	30,0	221	5	25,0	10	0,500
INCA	19	1,55	0,83	1,804	4	21,1	155	11	57,9	21	1,105
UNICA	13	1,06	0,57	1,281	2	15,4	113	2	15,4	4	0,308
UCAM	12	0,98	0,52	1,064	1	8,3	61	9	75,0	34	2,833
UCF	12	0,98	0,52	1,896	2	16,7	123	6	50,0	29	2,417
UPR	10	0,82	0,44	2,352	3	30,0	221	4	40,0	12	1,200
UHOLM	9	0,74	0,39	1,483	2	22,2	163	1	11,1	1	0,111
UDG	9	0,74	0,39	1,436	1	11,1	82	3	33,3	4	0,444
ISMMM	5	0,41	0,22	2,985	2	40,0	294	1	20,0	2	0,400
CUG	4	0,33	0,17	0,854	0	0,0	0	0	0,0	0	0,000
CUSS	1	0,08	0,04	0,041	0	0	0	0	0,0	0	0,000
MES	1223	100	53,3	1,581	166	13,6	100	462	37,8	1363	1,114

4.6. Visibilidad e impacto de las CES y UCT del MES

Durante el período evaluado, el MES publicó un total de 1 223 trabajos en revistas de *corriente principal*, que constituyeron el 53,3 % de la producción científica del país (Tabla 3). La media alcanzada por el FIN de los artículos alcanzó la cifra de 1,581. El 13,6 % de los trabajos fue publicado en revistas de alta calidad, de acuerdo con el valor de su FIN (≥ 3.000). El 37,8 % de los

trabajos fue citado en al menos una ocasión, y se alcanzó un promedio de citas por artículo de 1,114 (Tabla 3).

La UH fue, como lo ha sido a lo largo de la historia, el CES más productivo del período, con un total de 522 artículos que constituyeron el 42,7 % de la producción científica del MES, y el 22,7 % de la nación. Esta importante institución de 279 años de creada, ha producido más del 20 % de los artículos divulgados por el país anualmente en *corriente principal* durante los últimos 20 años. Durante el período 1985-1989, la proporción de artículos con respecto a la producción nacional fue de un 25,7 % (SANCHO *et al.*, 1993), cifra que se mantuvo durante los 16 años siguientes en el 25,5 % (ARAUJO RUÍZ, J. A. *et al.*, 2005).

El CNIC, por su parte, fue la UCT más destacada, al producir el 13,2 % de los artículos del MES y el 7 % de los artículos del país. Fundado el 1 de julio de 1965, el CNIC fue el primer centro de investigación creado tras el triunfo de la Revolución cubana, formador de una gran cantidad de doctores en ciencias y gestor a su vez de múltiples centros que han surgido a partir de sus grupos de investigación, como el CENSA, el Centro de Inmunoensayos (CIE) y el Centro de Química Farmacéutica (CQF), entre otros. Su producción, que abarcaba el 18,7 % de la producción nacional en el período 1985-1989 (SANCHO *et al.*, 1993), ha disminuido durante los últimos 3 años, y específicamente en el año 2006, debido a la escisión de su estructura del Centro de Neurociencias de Cuba (CNC), una de sus direcciones de investigación más productivas en *corriente principal*, la cual pasó a ser centro independiente y adscrito al Sistema de Ciencia y Técnica del Consejo de Estado cubano.

La UCLV avanzó significativamente durante los últimos 3 años comprendidos en el estudio, y mejoró en su proporción respecto al país de un 2,4 % durante el período 1988-2003 (ARAUJO RUÍZ, J. A. *et al.*, 2005), a un 6,8 % que lo ubica como una de las 3 instituciones más destacadas del MES y entre las primeras del país. El ICA ha mantenido su tradicional aporte por encima del 5% de la producción nacional (6,6 %), al mantener su ritmo de publicación casi exclusivo en la *Cuban Journal of Agricultural Science*, cuya actividad editorial es desarrollada por especialistas del propio centro.

La UO también ha experimentado un crecimiento positivo. Su proporción respecto al país alcanzó el 4,1 % en los últimos 3 años, de un 2 % registrado en el período 1988-2003 (ARAUJO RUÍZ, J. A. *et al.*, 2005). Sin embargo, el crecimiento más espectacular se observó en la UMCC, la cual produjo 69 artículos en revistas ISI, que constituyeron el 5,6 % de la producción del MES, y el 3 % de la producción nacional.

Para el estudio de los indicadores de impacto, estas 6 instituciones más productivas, con una incidencia superior al 5 % sobre el volumen de la producción científica del MES, fueron analizadas de forma independiente, como un primer bloque altamente productivo. En un segundo bloque fueron integradas las CES y UCT con volúmenes de producción MES que varían del 1 al 5 % (CUJAE, CENSA, INCA, UNAH, UNICA, UCAM y UCF). Y el tercer bloque de análisis abarcó a las instituciones con volúmenes de producción MES inferiores al 1 % (UPR, UHOLM, UDG, ISMMM, CUG y CUSS).

El estudio de la visibilidad potencial de la investigación realizada por los CES y UCT del MES, permitió identificar un grupo de instituciones que concentraron sus esfuerzos en colocar los resultados de sus investigaciones en las revistas de *corriente principal* con mayor relevancia dentro de sus correspondientes categorías temáticas. Un total de 8 instituciones mostraron valores del FINP por encima de la media del MES.

En el primer bloque de análisis, las tres instituciones más productivas fueron a su vez las tres instituciones más visibles, destacándose el CNIC (1,737) y la UCLV (1,725). La UH (1,673), teniendo en cuenta su elevada producción y amplia diversidad temática, mostró de igual forma un aceptable rendimiento. En cuanto a la proporción de trabajos de alta calidad, solamente el CNIC (19,3 %) y la UH (15,5 %) tuvieron valores por encima de la media, y por ende, índices de calidad relativa superiores a 100. La UMCC (53,6 %) y la UCLV (53,5 %) fueron los CES que presentaron una mayor proporción de artículos citados. Más de la mitad de los trabajos generados por estas dos instituciones tuvieron repercusión inmediata sobre la comunidad científica. El CNIC (46,6 %) y la UH (39,8 %) también presentaron valores por encima de la media. La UCLV, por su parte, fue el CES con mayor promedio de citas recibidas por cada artículo publicado (2,618), muy por encima del CNIC (1,484) y la UMCC (1,435). En

estos dos últimos indicadores incide directamente la temática de los trabajos, que en dependencia de sus características y diversidad en cuanto a los comportamientos de las citaciones, pueden determinar en menor o mayor medida el impacto de la investigación.

El segundo bloque productor, tuvo en el INCA, la UCF y la UNAH a los CES y UCT con mejores rendimientos. La UNAH fue la institución que más esfuerzos realizó por colocar sus artículos en revistas de mayor relevancia, con un FINP de 2,500 y un 30 % de sus artículos en revistas de alta calidad. La UCAM, sin embargo, logró la mejor tasa de documentos citados (75 %), y el INCA (57,9 %) y la UCF (50 %) vieron citada la mitad o más de sus trabajos de investigación. La UCAM, a su vez, presentó el mayor promedio de citas por artículo no sólo de su bloque de análisis, sino también del MES en general, seguido de la UCF (2,417).

El tercer y último bloque tiene en la UPR al CES más integral, con todos los indicadores cualitativos por encima de la media. Un aspecto a destacar resulta la alta visibilidad de los artículos generados por el ISMMM, aunque la escasa producción de la institución impide tener un criterio más positivo de sus esfuerzos por proyectar la investigación que llevan a cabo sobre niveles mucho más significativos.

En sentido general, teniendo en cuenta los comportamientos observados en la figura 4, pueden identificarse valores de PTAC que inciden directamente en el FINP, principalmente en instituciones de poca o media producción (ISMMM, UNAH y UPR), así como valores e impacto real por encima o igual a lo esperado de acuerdo con el FINP (UCAM, UCF, UCLV y UMCC) (Figura 4).

Esta relación entre el impacto real y el esperado, teniendo en cuenta los valores del FINP y el promedio de citas por artículo, puede verse con mayor claridad en la figura 5. El gráfico expone cuatro cuadrantes delimitados por los valores de la media para ambos indicadores, e incluye una escala cromática que indica la dimensión del impacto de acuerdo con el ICR (Figura 5).

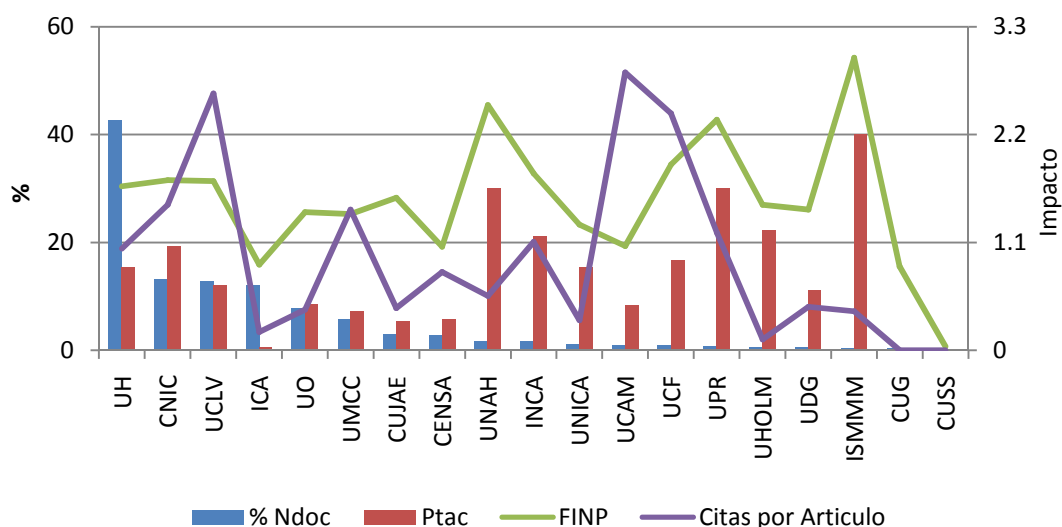


Figura 4. Distribución porcentual, proporción de trabajos de alta calidad (Ptac), factor de impacto normalizado ponderado (FINP) y promedio de citas recibidas por artículo de las CES y UCT del MES durante el período 2004-2006.

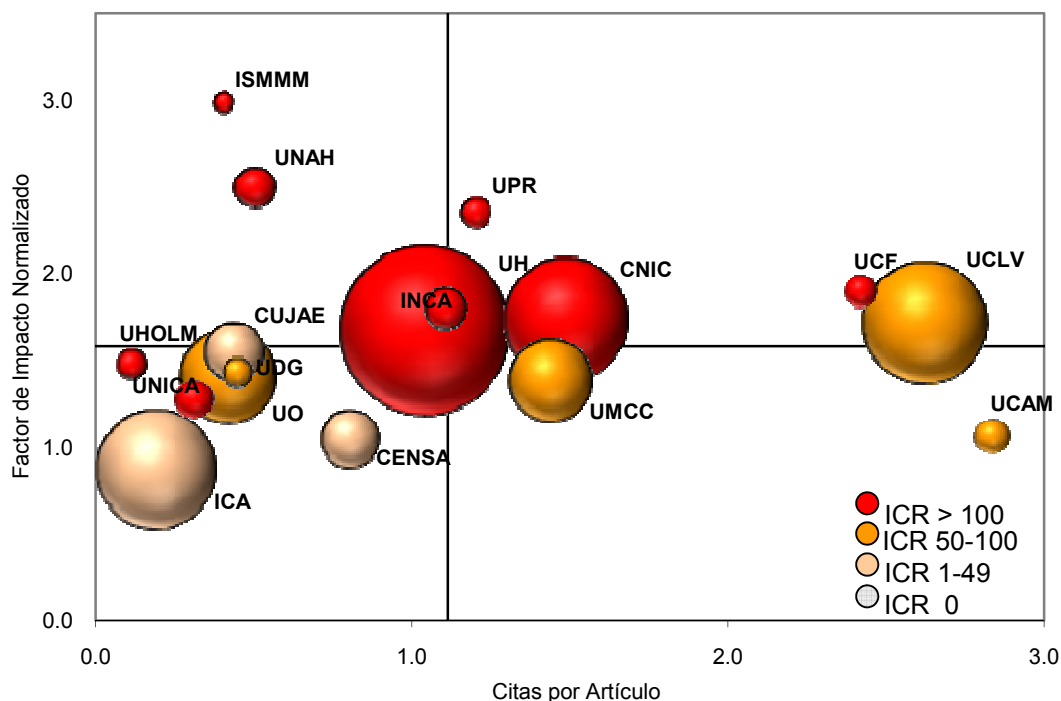


Figura 5. Factor de impacto normalizado ponderado con respecto al promedio de citas por artículo de las CES y UCT del MES durante el período 2004-2006.

A la izquierda, en la parte inferior, se hallan los centros que no han logrado colocar sus artículos en revistas altamente visibles ni han tenido la suficiente repercusión sobre la comunidad científica. El caso del ICA, instituto altamente especializado en las Ciencias Agrícolas, como se verá en el capítulo 5, explica claramente el objetivo de comparar ambos indicadores conjuntamente con el ICR. Su producción científica es abundante, pero está concentrada casi totalmente en una sola revista, la cual posee además un bajo Factor de Impacto incluso para su categoría, que prácticamente determina el bajo nivel de citas que alcanzan los trabajos. La solución a este problema implica, en primer lugar, la búsqueda de otros canales de comunicación de mayor impacto en la categoría para la difusión de los resultados de sus investigaciones. Al mismo tiempo, la captación de artículos de instituciones de otros países, así como la internacionalización del consejo editorial de la *Cuban Journal of Agricultural Science*, son medidas que pudieran aumentar los niveles de citación de la revista que edita el ICA, y por ende, el de los artículos que en ella se publican. Esta medida beneficiaría no sólo al ICA, sino también a otras instituciones del MES que publican habitualmente en la revista, como el CUG, el cual no está representado en el gráfico por no haber recibido cita alguna durante el período, y la UNAH, que a pesar de publicar casi el 50 % de sus artículos en la misma, ha logrado diversificar el resto de su producción y aumentar ostensiblemente el valor de su FINP. En este mismo cuadrante, la CUJAE, la UDG, la UHOLM y la UO se acercan a los valores de la media del FINP, pero con poca repercusión teniendo en cuenta las citas recibidas. Solamente dos instituciones, la UHOLM y la UNICA, tienen índices de calidad relativa superiores, y el único centro que se aproxima a la media de citas por artículo es el CENSA.

La parte superior izquierda comprende aquellos centros cuyo esfuerzo positivo por publicar en revistas de mayor impacto aún no ha sido recompensado con una mayor cantidad de citas. Ubicarse en este cuadrante, sin embargo, resulta de extraordinaria importancia si se desea alcanzar una dimensión cualitativamente superior en la proyección internacional de la investigación. Las revistas con mayor factor de impacto –muchas de ellas reconocidas por la comunidad científica desde mucho antes de que surgiera el factor de impacto o

cualquier tipo de indicador derivado del mismo—, generalmente son aquellas donde más difícil resulta publicar un artículo, debido a la calidad que se exige de la investigación y los altos niveles de rechazo que se desprenden, por un lado, del interés de la mayor parte de los investigadores de un campo determinado de publicar en ellas, y por otro, de la imposibilidad de las mismas de publicar todo lo que reciben, lo que las obliga a desarrollar políticas exigentes de selección (GARFIELD, 2006; HOEFFEL, 1998). Lograr publicar en las mejores revistas de cada especialidad, es un objetivo estratégico que siempre incidirá positivamente en la evaluación de una institución dedicada a hacer Ciencia. Las cuatro CES y UCT ubicadas en el cuadrante tienen una proporción de artículos de alta calidad superior a la media, y en el caso de la UH y el INCA, tienen un comportamiento muy similar al experimentado por la producción científica del MES de manera global.

La parte inferior derecha comprende aquellos centros que han logrado repercutir en la comunidad científica sin haber alcanzado aún un alto índice de visibilidad de acuerdo con el FINP. En realidad, el que una institución logre ubicarse en este cuadrante puede estar relacionado con el desarrollo de investigaciones exitosas y en muchos casos emergentes. Lograr ser visibles en publicaciones con poca visibilidad, constituye otro indicador que permite validar la calidad de la investigación. Solo dos instituciones del MES se ubicaron en el cuadrante, la UCAM y la UMCC, principalmente con trabajos de investigación de temática biomédica.

Finalmente, el cuadrante superior derecho representa a aquellos CES y UCT que han logrado obtener, en mayor o menor medida, la visibilidad esperada, al alcanzar valores de FINP y citas recibidas por artículo superiores a la media del MES. La UCLV, la UCF, el CNIC y la UPR, fueron las cuatro instituciones que lograron ubicarse en el cuadrante de mayor impacto científico. Solamente la UCLV no alcanzó la máxima categoría del ICR, y salvo el caso de la UPR, cuyo impacto estuvo determinado por trabajos relacionados con las Ciencias Forestales, el resto desarrolló su mayor actividad investigativa en el campo de las ciencias biomédicas.

Al analizar cada uno de los indicadores cualitativos evaluados, se identificaron tres instituciones con valores superiores a la media del MES en todos los

parámetros (CNIC, UCF y UPR), otras cuatro instituciones que se acercan al cumplimiento de todos los parámetros (UCLV, UH, INCA y UMCC), y tres más que se destacan en algunos parámetros específicamente (UNAH, UCAM e ISMMM). En sentido general, la investigación llevada a cabo en las primeras siete instituciones mencionadas es la que mayor relevancia ha alcanzado a nivel internacional. Sin embargo, fue necesario valorar la especialización temática de la producción científica para determinar los campos de investigación donde mayor relevancia ha tenido la investigación de los CES y UCT del MES, y tener una visión mucho más objetiva de la influencia de los diferentes campos temáticos en los indicadores cualitativos de las instituciones.

4.7. Indicadores cualitativos generales según perfil temático

El Índice de Especialización Temática con respecto a la producción científica nacional, teniendo en cuenta los 10 campos temáticos utilizados para caracterizar el período evaluado, permitió ratificar el papel que en la misma juega la investigación llevada a cabo por las instituciones adscritas al MES.

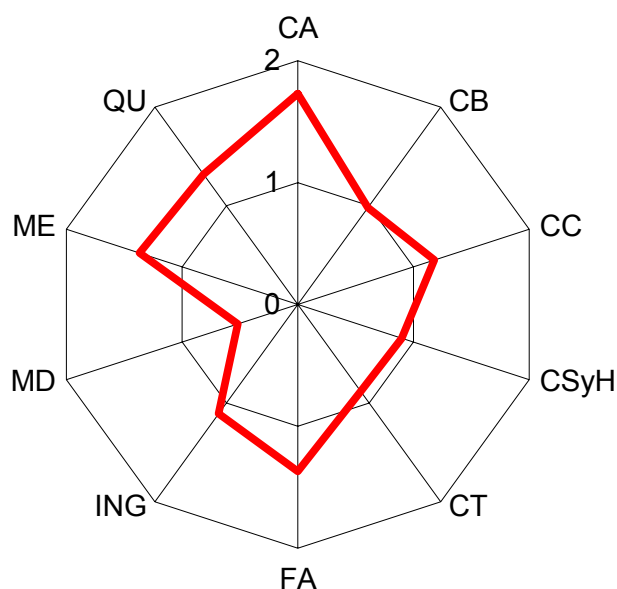


Figura 6. Índice de especialización temática de la producción científica del MES con respecto a la producción científica nacional por campo temático durante el período 2004-2006.

Durante los tres años evaluados, el hecho de que más del 50 % de la producción científica cubana fuera generada por el MES, incidió en que se

obtuvieran altos valores de IET en la mayor parte de las categorías temáticas evaluadas. Como puede observarse en la Figura 6, y con mayor nivel de detalle en la Tabla 4, salvo el caso de las Ciencias Médicas, donde el MES aportó el 30,5 % de la producción científica, el resto de los campos temáticos mostraron porcentajes cercanos o superiores al 50 % (Figura 6; Tabla 4).

Tabla 4. Indicadores de producción e impacto del MES por campo temático durante el período 2004-2006.

CT	Ndoc	% MES	% CT Cuba	Ndoc Cuba	%	IET	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ndoc cit	% Ndoc cit	Ncit	Ncit X Ndoc
QU	276	22,6	70,6	391	17,0	1,33	2,004	59	21,4	157	115	41,7	253	0,917
MD	238	19,5	30,5	780	34,0	0,57	2,031	49	20,6	151	132	55,5	569	2,391
CB	186	15,2	46,5	400	17,4	0,87	1,103	10	5,4	40	89	47,8	255	1,371
CA	175	14,3	92,1	190	8,3	1,73	1,225	15	8,6	63	25	14,3	36	0,206
FA	154	12,6	73,7	209	9,1	1,38	1,196	7	4,5	33	58	37,7	136	0,883
I	72	5,9	58,5	123	5,4	1,10	1,950	17	23,6	174	17	23,6	27	0,375
CC	59	4,8	62,8	94	4,1	1,18	0,730	2	3,4	25	10	16,9	45	0,763
ME	29	2,4	78,4	37	1,6	1,47	1,527	0	0,0	0	9	31,0	32	1,103
CT	23	1,9	46,9	49	2,1	0,88	2,549	6	26,1	192	6	26,1	9	0,391
CSyH	11	0,9	47,8	23	1,0	0,90	0,573	1	9,1	67	1	9,1	1	0,091
MES	1223	100	53,3	2296	100	1.0	1,581	166	13,6	100	462	37,8	1363	1,114

El 84,2 % de los artículos del MES pertenecen a 5 campos temáticos: Las Ciencias Químicas (22,6 %), las Ciencias Médicas (19,5 %), las Ciencias Biológicas (15,2 %), la Agricultura y Ciencias de la Alimentación (14,3 %) y la Física y Ciencias del Espacio (12,6 %).

El 92,1 % de la producción científica nacional sobre Agricultura y Ciencias de la Alimentación proviene de instituciones adscritas al MES. Los otros campos con marcado protagonismo del MES en la producción nacional son las Matemáticas y Estadística (78,4 %), la Física y las Ciencias del Espacio (73,7 %), las Ciencias Químicas (70,6 %), las Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información (62,8 %), y las Ingenierías (58,5 %). En el resto de los campos temáticos, la producción científica de las instituciones pertenecientes al Polo Científico del Oeste de la Capital, al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio

Ambiente (CITMA), y al Ministerio de Salud Pública, en conjunto, tuvieron un protagonismo similar o superior al de las instituciones del MES.

El campo temático de las Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente (46,9 %), fue el que mostró el mayor FINP (2,549), seguido de las Ciencias Médicas (2,031), las Ciencias Químicas (2,004), y las Ingenierías (1,950). Estos cuatro campos fueron a su vez los que mayor calidad científica presentaron, de acuerdo con el Ptac y el ICR (Tabla 4; Figura 7).

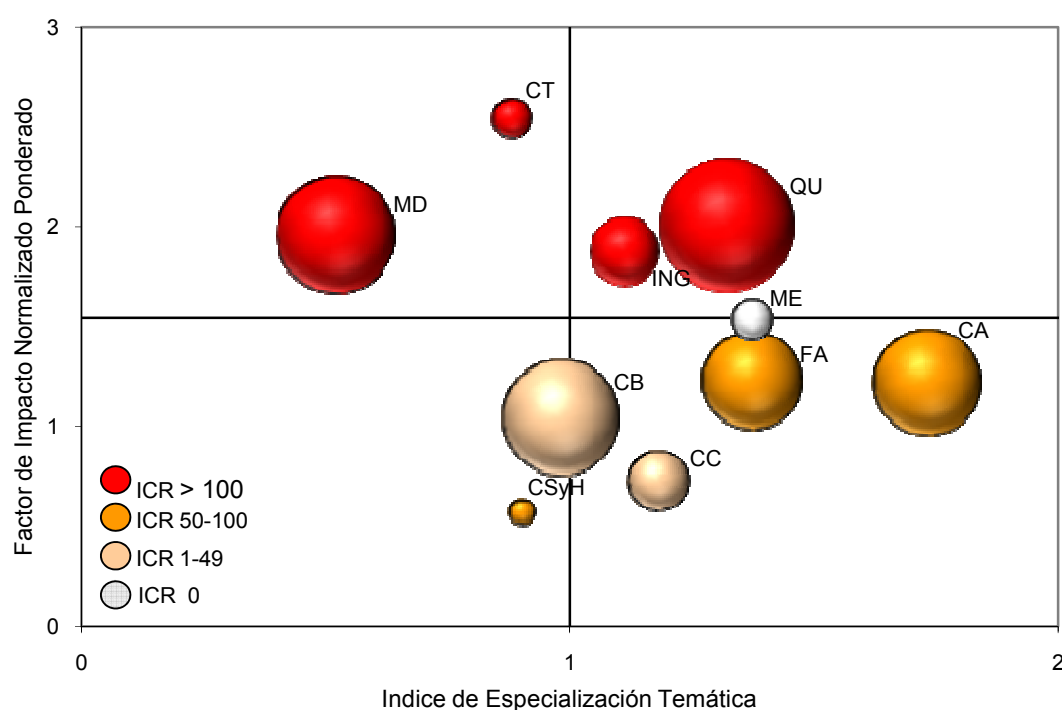


Figura 7. Factor de impacto normalizado ponderado con respecto al Índice de especialización temática del MES por campo temático durante el período 2004-2006.

Por su parte, las Ciencias Médicas (2,391) y las Ciencias Biológicas (1,371) fueron las instituciones con mayor promedio de citas por artículo (Tabla 4; Figura 8), además de los dos campos con mayor porcentaje de artículos citados (55,5 y 47,8 % respectivamente).

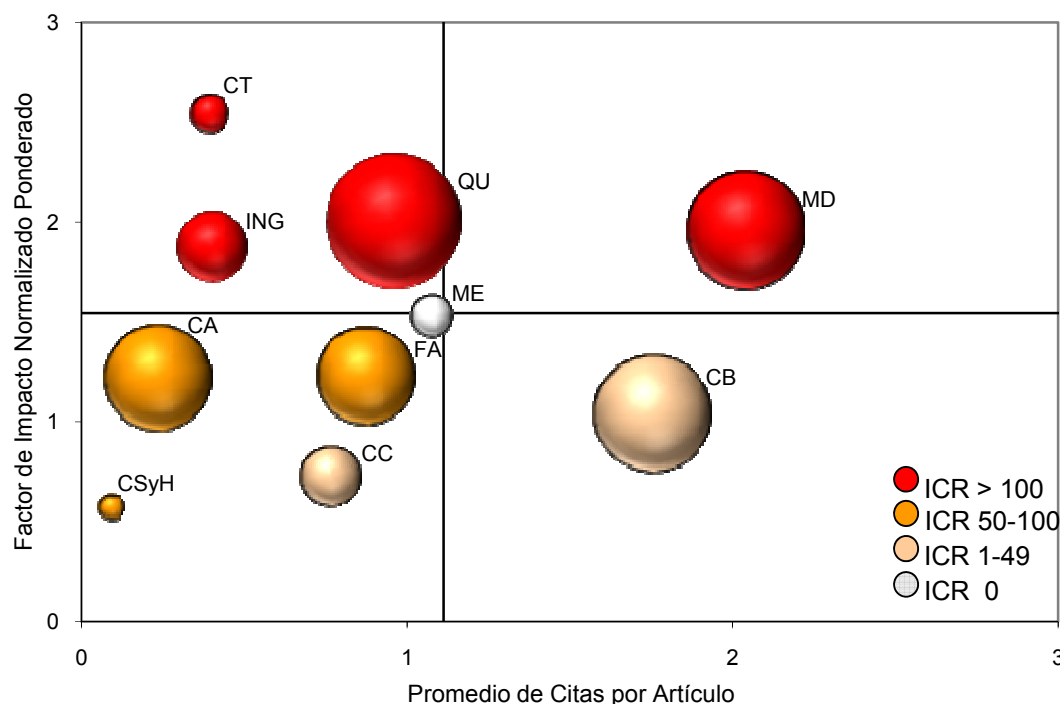


Figura 8. Factor de impacto normalizado ponderado con respecto al promedio de citas por artículo de los campos temáticos comprendidos en los artículos del MES durante el período 2004-2006.

Como puede observarse en la figura 8, solamente un campo temático se encuentra ubicado en el cuadrante superior derecho, donde coinciden la visibilidad y el impacto científico de los artículos recogidos por el campo: las Ciencias Médicas. Esto explica de alguna forma la presencia de los CES y UCT con producción científica altamente orientada hacia líneas de investigación biomédicas, entre las que exhiben un comportamiento positivo de todos o casi todos los parámetros cualitativos evaluados en el presente estudio.

El FINP, por tanto, se convierte en un indicador mucho más fiable para calificar la producción científica individual de las instituciones, las cuales serán evaluadas de acuerdo con cada perfil temático en el siguiente capítulo.

Capítulo 5

Perfil Temático de la Producción Científica de las Instituciones adscritas al Ministerio de Educación Superior

5.1. Consideraciones generales

Conocer las fortalezas científicas de cada CES y UCT del MES constituye, sin lugar a dudas, una de las metas más complejas que se trazó la presente investigación. Diferentes factores influyeron en la agudización de estas complejidades. Por un lado, existen instituciones con mayor o menor diversidad temática y complejidad estructural, que hacen más o menos difícil la identificación de su perfil y patrones científicos. Por otro lado, la determinación de perfiles temáticos teniendo en cuenta las categorías temáticas del ISI, y su agrupamiento de acuerdo con las áreas de investigación propuestas por el CTWS de Holanda –ligeramente modificadas para su adaptación a las características de la producción nacional–, nunca está exenta de valoraciones subjetivas y hasta cierto punto cuestionables, debido fundamentalmente a los fenómenos de multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad que permean la actividad científica desde la segunda mitad del siglo XX, y que ponen en crisis cualquier sistema de clasificación que pretenda generalizar la cobertura temática de un conjunto determinado de investigaciones (MORILLO *et al.*, 2003; RINIA *et al.*, 2002; RINIA *et al.*, 2001).

En el actual capítulo, el Índice de Especialización Temática (IET) de cada CES y UCT se calculó teniendo en cuenta como patrón comparativo la producción científica del MES, y se utilizó el Índice de Especialización Relativa (IER) para comparar los esfuerzos de cada entidad con respecto al MES en cada una de las áreas temáticas correspondientes.

Al partir de la asunción de que la producción científica de un conjunto de instituciones dedicadas a la investigación está representada por el conjunto de publicaciones que se generan en sus respectivos ámbitos, y de que el perfil y patrones científicos de las mismas está determinado por el perfil y patrones científicos de cada uno de los dominios institucionales específicos en los que

se desarrollan las actividades de investigación (MIGUEL *et al.*, 2006); y al tomar en cuenta, además, que la producción científica en *corriente principal* representa una dimensión cualitativamente superior –en materia de visibilidad e impacto a nivel internacional–, de la actividad científica realizada en dichas instituciones; el presente capítulo tuvo como fin la identificación de las fortalezas científicas de cada CES y UCT del MES y sus principales aportes a la Ciencia mundial durante los años 2004, 2005 y 2006.

El orden utilizado para la caracterización de los diferentes campos o áreas temáticas, estuvo dado por el volumen de la producción científica alcanzada por el MES en cada uno de ellos. El FINP, el Ptac y el ICR fueron los indicadores que mayor peso tuvieron en la valoración cualitativa de la investigación, aunque se utilizó el promedio de citas por artículo para destacar particularmente algunas investigaciones que han repercutido positivamente en la comunidad científica.

En los gráficos se comparó el FINP y el IER de cada CES y UCT, y los cuadrantes fueron delimitados de acuerdo con los valores promedios del FIN y el IER de la producción total del MES en cada campo temático. El tamaño de las burbujas nuevamente representó el volumen de la producción científica, y la gama de colores su ICR. Solamente se representaron gráficamente las instituciones con dos o más trabajos en las áreas temáticas correspondientes. En el caso de las Ciencias Sociales y Humanidades, ante la mínima producción de las instituciones, se optó por no representar gráficamente los resultados.

En todos los casos, la ubicación de las instituciones en los cuadrantes superiores significará la alta visibilidad de la investigación, y la presencia en los cuadrantes situados a la derecha, su grado de especialización en el correspondiente campo temático. Por ende, el cuadro superior derecho abarcará las instituciones que han alcanzado la mayor visibilidad en las áreas donde más se han especializado, y el ICR funcionará como medidor de la excelencia científica de la investigación.

5.2. Ciencias Químicas

El 22,6 % de los artículos publicados por el MES en revistas de *corriente principal* estuvo comprendido en el área de las Ciencias Químicas. Los 276 documentos publicados significaron a su vez el 70,6 % de la producción científica nacional en la temática, por lo que en este aspecto los CES y UCT más productivos evidenciaron su protagonismo a nivel de país.

La UH publicó un total de 183 trabajos, que significaron el 35,1 % de toda su producción, el 66,3 % del total producido por el MES, y el 46,3 % de la producción científica cubana en la categoría (Tabla 6). Esta elevada producción fue el fruto de las múltiples investigaciones llevadas a cabo principalmente por los investigadores y profesores de la Facultad de Química, el Instituto de Materiales y Reactivos (IMRE), el Centro de Biomateriales (BIOMAT), la Facultad de Farmacia y Alimentos (IFAL) y el Centro de Estudios de Productos Naturales (CEPN), entidades todas pertenecientes a la universidad.

Tabla 6. Indicadores de producción e impacto de las CES y UCT del MES en Ciencias Químicas.

	Ndoc	%	% cat	IET	IER	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ncit	NcitXNdoc
UH	183	35,1	66,3	1,6	0,22	2,142	49	26,8	125	160	0,874
UCLV	34	21,7	12,3	1,0	-0,02	0,961	1	2,9	14	48	1,412
CNIC	34	21,1	12,3	0,9	-0,03	1,297	3	8,8	41	22	0,647
UO	23	24,5	8,3	1,1	0,04	2,470	5	21,7	102	12	0,522
UMCC	14	20,3	5,1	0,9	-0,05	1,866	1	7,1	33	11	0,786
CUJAE	5	13,5	1,8	0,6	-0,25	2,115	0	0,0	0	6	1,200
UCF	4	33,3	1,4	1,5	0,19	1,275	0	0,0	0	7	1,750
UPR	3	30,0	1,1	1,3	0,14	0,860	0	0,0	0	3	1,000
ISMMM	1	20,0	0,4	0,9	-0,06	0,585	0	0,0	0	0	0,000
UNAH	1	5,0	0,4	0,2	-0,64	10,000	1	100,0	467	4	4,000
UDG	1	11,1	0,4	0,5	-0,34	1,256	0	0,0	0	0	0,000
ICA	1	0,7	0,4	0,0	-0,94	0,668	0	0,0	0	0	0,000

Entre los trabajos que han influido positivamente en los indicadores cualitativos de la producción, se encuentran los estudios realizados por el Centro de Biomateriales sobre la Hidroxiapatita como biomaterial, algunos de ellos en colaboración con instituciones de España y México; el análisis de las diferentes propiedades del propóleo cubano realizado por el IFAL en colaboración con la Universidad de Salerno, en Italia; así como la síntesis y caracterización de

polímeros para la industria farmacéutica y un buen número de estudios de Química Orgánica y Química Física orientados hacia la determinación de propiedades de diferentes tipos de materiales, aspectos donde el IMRE jugó un papel protagónico.

La UH, la UCF y la UPR fueron instituciones con perfil desarrollado en la categoría, y sólo la UO y la UH tuvieron proporciones de trabajos de alta calidad superiores a la media, que incidieron directamente en la obtención de un óptimo ICR (Figura 9).

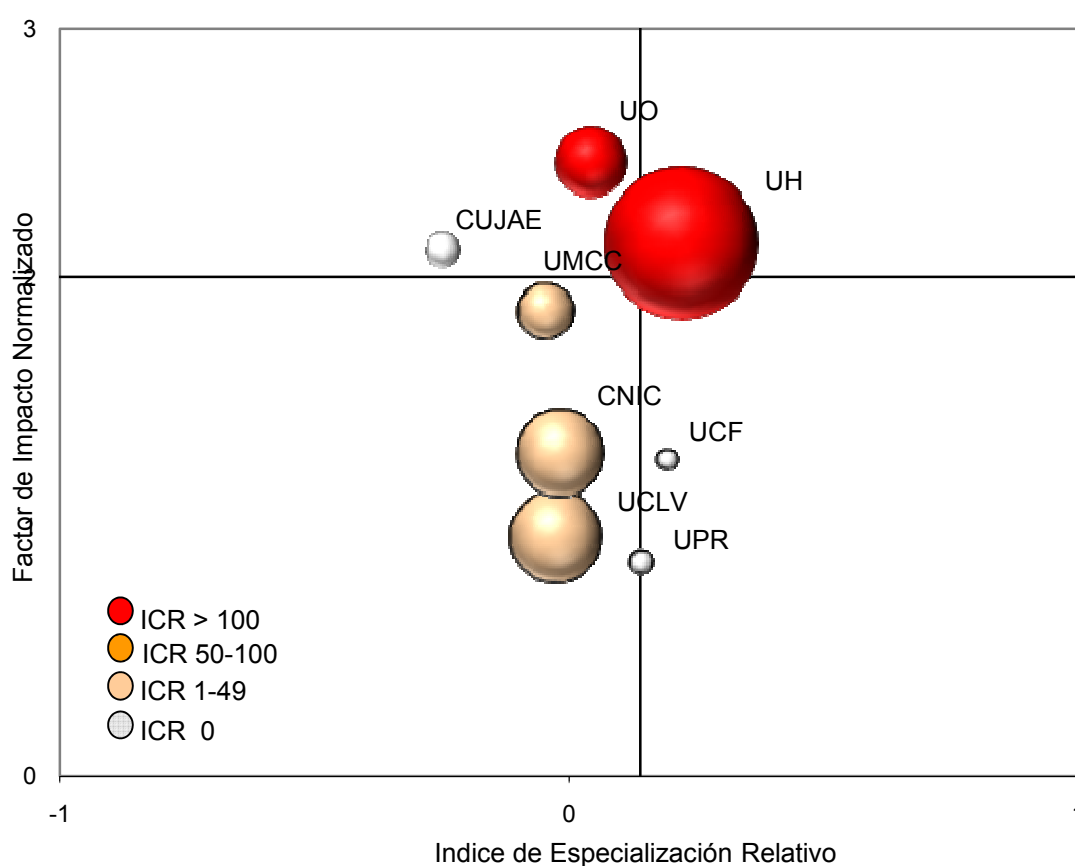


Figura 9. Factor de Impacto Normalizado e Índice de Especialización Temática Relativo de cada CES y UCT con respecto al MES en Ciencias Químicas.

La UCLV, el CNIC, la UO y la UMCC tuvieron valores de producción en la categoría superiores al 5 % (Tabla 6). El Centro de Bioactivos Químicos de la UCLV aportó una buena cantidad de investigaciones, destacándose las desarrolladas mediante el empleo de técnicas informáticas y algoritmos genéticos en la modelación molecular de diferentes compuestos y polímeros,

que recibieron gran cantidad de citas. La Dirección de Química y el Centro de Investigaciones del Ozono (CIO), entidades pertenecientes al CNIC, generaron diferentes investigaciones relacionadas con el estudio de Zeolitas cubanas, la caracterización de aceites ozonizados y especialmente el estudio de aceites y compuestos orgánicos mediante tecnologías analíticas.

La UO publicó numerosos trabajos con enfoque químico físico, especialmente para determinar las propiedades piezoeléctricas de cerámicas y diversos polímeros, los cuales lograron ubicarse en revistas de alto factor de impacto. La UMCC dedicó gran parte de sus estudios, al igual que la UCLV, la UCF y la UPR, a la modelación molecular de compuestos químico farmacéuticos. En el caso de la UCF, toda su producción fue en conjunto con la UCLV.

La CUJAE estuvo entre las tres instituciones con mayor FINP que la media del MES para la categoría (Tabla 6; Figura 9), con investigaciones sobre tratamiento electroquímico de residuales, caracterización de Zeolitas cubanas y estudios de superficies de poliestireno. Un caso específico a destacar, resulta el único trabajo de la UNAH en la categoría, relacionado con técnicas analíticas para el monitoreo de la maduración de la mandarina, el cual fue publicado en la mejor revista de su correspondiente categoría ISI y ha recibido varias citas a partir de su publicación el pasado año 2006.

5.3. Ciencias Médicas

Un total de 780 trabajos conforman la producción científica nacional publicada en revistas de Ciencias Médicas durante el período 2004-2006, que significaron el 34 % del total de artículos generados por el país. De esta proporción, el 30,5 % fue firmado por autores del MES, que en sentido general, dedicaron el 19,5 % de su producción científica a las Ciencias de la Salud.

La UCAM, el CNIC, el CENSA, la UCLV y la UCF fueron las instituciones con mayor especialización en el campo temático (Tabla 7). El CNIC (35,7 %), la UH (30,3 %) y la UCLV (22,3 %) fueron las instituciones más productivas, y estuvieron entre las cinco entidades que poseyeron un FINP superior a la media de la categoría, conjuntamente con la UCAM y la UCF (Tabla 7; Figura 10). El CNIC y la UCLV lograron los mejores indicadores de calidad relativa

(Figura 10), al publicar gran parte de sus trabajos en revistas de muy alto factor de impacto.

Tabla 7. Indicadores de producción e impacto de las CES y UCT del MES en Ciencias Médicas.

	Ndoc	%	% cat	IET	IER	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ncit	NcitXNdoc
CNIC	85	52,8	35,7	2,7	0,46	2,046	20	23,5	114	173	2,035
UH	72	13,8	30,3	0,7	-0,17	2,052	14	19,4	94	143	1,986
UCLV	53	33,8	22,3	1,7	0,27	2,756	14	26,4	128	237	4,472
CENSA	12	34,3	5,0	1,8	0,28	1,267	2	16,7	81	20	1,667
UMCC	9	13,0	3,8	0,7	-0,20	2,440	1	11,1	54	35	3,889
UCAM	7	58,3	2,9	3,0	0,50	0,927	0	0	0	17	2,429
UO	7	7,4	2,9	0,4	-0,45	0,908	0	0	0	2	0,286
UCF	4	33,3	1,7	1,7	0,26	2,410	0	0	0	18	4,500
UNAH	4	20,0	1,7	1,0	0,01	0,563	0	0	0	0	0,000
UNICA	1	7,7	0,4	0,4	-0,43	3,112	1	100	485	3	3,000
ICA	1	0,7	0,4	0,0	-0,93	0,276	0	0	0	0	0,000
CUJAE	1	2,7	0,4	0,1	-0,76	0,000	0	0	0	0	0,000

La UCLV, la UMCC y la UCF obtuvieron los mejores promedios de citas por artículo. Estas tres instituciones colaboraron muy estrechamente en trabajos orientados hacia el desarrollo de algoritmos genéticos y redes neuronales artificiales para el diseño *in silico* de agentes antimicrobianos, la modelación molecular de comportamientos enzimáticos y la predicción de efectos de medicamentos.

La UCAM recibió una alta cantidad de citas gracias a sus trabajos en colaboración con el Centro de Química Farmacéutica (CQF), institución del Ministerio de Salud Pública, para la determinación del efecto terapéutico del extracto de *Mangúifera Indica L.* (VIMANG). El CENSA, por su parte, recibió numerosas citas en trabajos dedicados a la identificación de virus por técnicas de PCR en tiempo real, y el estudio de las propiedades terapéuticas de la corteza del Mangle Rojo.

La producción de trabajos altamente visibles en *corriente principal*, caracterizó la actividad investigativa de las dos instituciones más productivas. El CNIC publicó 20 trabajos en revistas muy bien posicionadas en las categorías temáticas del ISI. La mayor parte de ellos fueron generados por el Centro de

Neurociencias de Cuba antes de su separación del CNIC, y tratan líneas de investigación relacionadas con las Neuroimágenes. El resto comprende investigaciones sobre aplicaciones terapéuticas del ozono desarrolladas por el CIO, ensayos clínicos y pre-clínicos de diversos medicamentos de origen natural desarrollados por el Centro de Productos Naturales (CPN), estudios de medicina nuclear realizados por el Centro de Investigaciones Clínicas (CIC), y el desarrollo de un candidato vacunal de *Vibrio Cholerae* por investigadores de la Dirección de Biotecnología del CNIC.

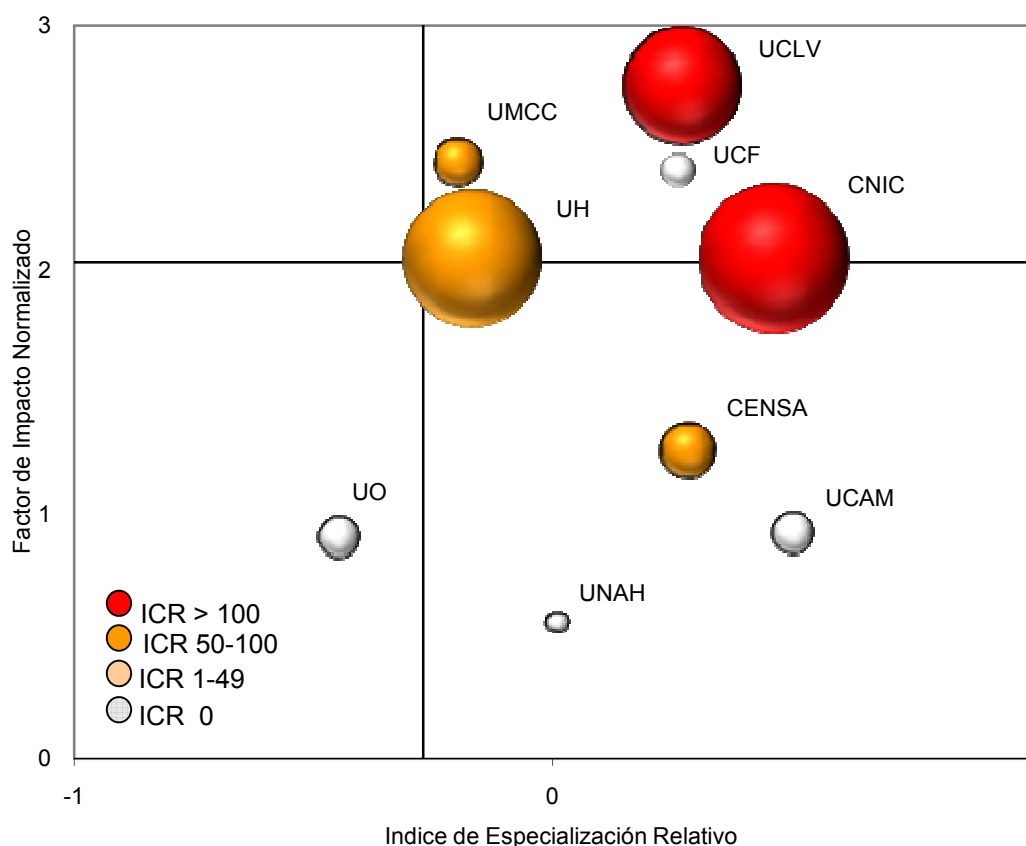


Figura 10. Factor de Impacto Normalizado e Índice de Especialización Temática Relativo de cada CES y UCT con respecto al MES en Ciencias Médicas.

La UH, por su parte, trabajó en estrecha colaboración con diversos centros de investigación adscritos a diferentes ministerios. Como parte de esta colaboración, se desarrollaron investigaciones sobre neuroimágenes con el Centro de Neurociencias de Cuba, un estudio del estrés oxidativo en pacientes con Dengue en conjunto con el Instituto de Medicina Tropical “Pedro Kourí”

(IPK), varios trabajos sobre anticuerpos monoclonales y vacunas contra el cáncer en conjunto con el Centro de Inmunología Molecular y el Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología, y la obtención de una vacuna sintética contra el virus *Haemophilus Influenzae* tipo B. Esta último trabajo, a partir de su publicación en la revista *Science* en julio del 2004, se ha convertido en la investigación más citada tanto del MES como del país durante el período 2004-2006, y se encuentra entre las 20 que más impacto han tenido en el país durante el Siglo XXI.

5.4. Ciencias Biológicas

El segundo campo más abordado por la producción científica nacional, después de las Ciencias Médicas, fue el de las Ciencias Biológicas, que agrupó 400 trabajos que significaron el 17,4 % de la producción total. El MES participó en el 46,5 % de los trabajos, proporción que constituyó el 15,2 % de su producción.

Tabla 8. Indicadores de producción e impacto de las CES y UCT del MES en Ciencias Biológicas.

	Ndoc	%	% cat	IET	IER	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ncit	NcitXNdoc
UH	76	14,6	40,9	1,0	-0,02	1,339	5	6,6	122	95	1,250
UMCC	30	43,5	16,1	2,9	0,482	0,574	0	0,0	0	46	1,533
CNIC	24	14,9	12,9	1,0	-0,01	1,187	4	16,7	309	32	1,333
UCLV	21	13,4	11,3	0,9	-0,06	0,739	0	0,0	0	56	2,667
CENSA	17	48,6	9,1	3,2	0,52	0,997	0	0,0	0	7	0,412
INCA	11	57,9	5,9	3,8	0,58	1,344	1	9,1	168	20	1,818
UO	6	6,4	3,2	0,4	-0,41	1,353	0	0,0	0	7	1,167
UNICA	5	38,5	2,7	2,5	0,43	0,545	0	0,0	0	1	0,200
CUJAE	2	5,4	1,1	0,4	-0,48	0,706	0	0,0	0	2	1,000
UDG	2	22,2	1,1	1,5	0,19	0,562	0	0,0	0	2	1,000
UPR	2	20,0	1,1	1,3	0,14	1,202	0	0,0	0	8	4,000
UCF	1	8,3	0,5	0,5	-0,29	0,499	0	0,0	0	4	4,000
UCAM	1	8,3	0,5	0,5	-0,29	0,942	0	0,0	0	1	1,000

El INCA, el CENSA, la UMCC y la UNICA desarrollaron un alto porcentaje de su producción total en este campo temático (Tabla 8). No obstante, la UH produjo el 40,9 % de los artículos del MES, con protagonismo para las investigaciones realizadas por el Centro de Investigaciones Marinas, el IFAL y

las facultades de Química y Biología, entre las que sobresalen los estudios sobre diversos tipos de proteasas, algas marinas y bacterias resistentes a metales pesados, entre otras.

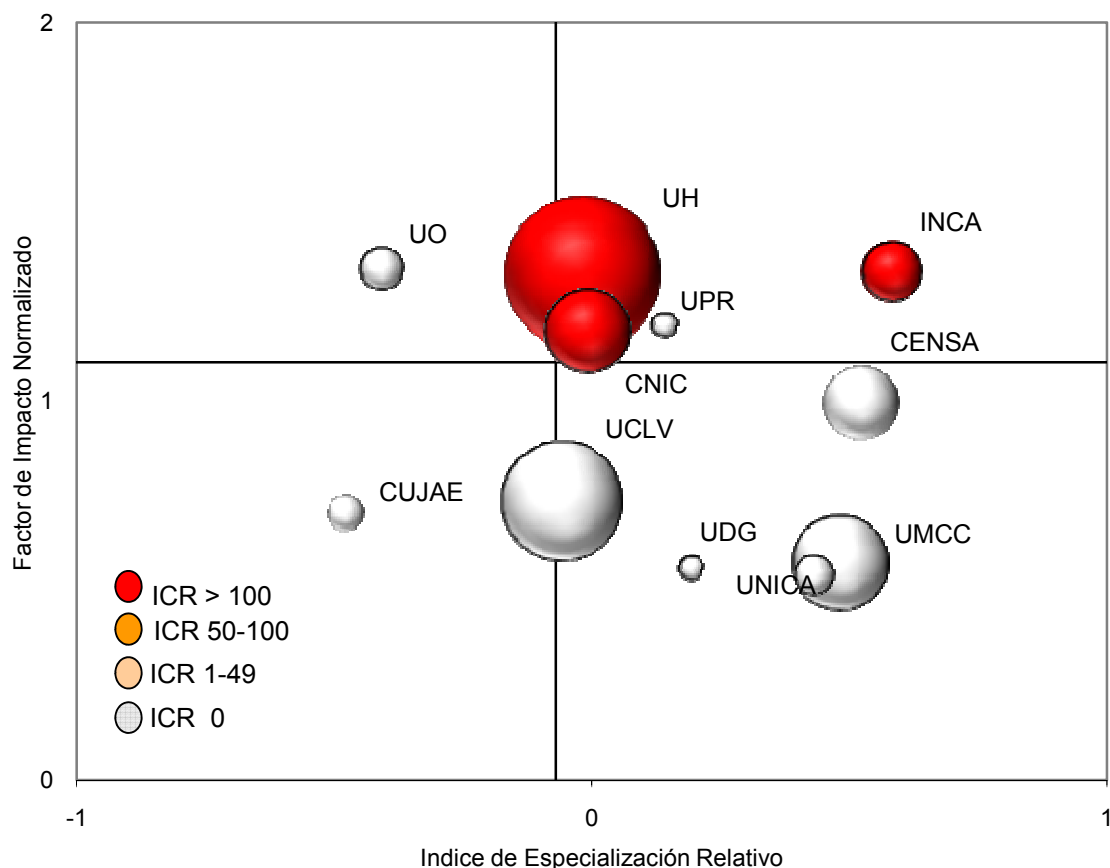


Figura 11. Factor de Impacto Normalizado Ponderado e Índice de Especialización Temática relativo de cada CES y UCT con respecto al MES en Ciencias Biológicas.

La UH, el CNIC, el INCA, la UO y la UPR mostraron valores de FINP superiores a la media del MES para la categoría (Tabla 8; Figura 11). El CNIC, con importantes trabajos sobre el estudio del genoma del *Vibrio Cholerae*, la evaluación de la ozonoterapia en el tratamiento de la nefrotoxicidad aguda inducida por cisplatino en ratas, y la utilización de modelos animales para la evaluación pre-clínica del D-003 y el D-004 – agentes terapéuticos de origen natural orientados hacia el tratamiento de la Osteoporosis y la Hiperplasia Prostática Benigna, respectivamente; el INCA, con el estudio sostenido de

diferentes patologías en plantas y la obtención de cultivos y hortalizas resistentes al calor; la UO, con diversos trabajos entre los que sobresalen los relacionados con la utilización de organismos biológicos en la biodegradación de hidrocarburos y la biorremediación de residuales; y la UPR, con una investigación que permitió la clasificación a través de secuencias de DNA de 101 especies de Pino (*Pinacea*), y que ha sido frecuentemente citada a partir de su publicación en el 2005.

La UMCC y la UCLV, nuevamente con sus trabajos de bioquímica molecular, esta vez orientados hacia la modelación *in silico* de procesos biológicos, fueron conjuntamente con el INCA y la UPR los centros con mayor promedio de citas por artículo (Tabla 8). Solamente el INCA, la UH y el CNIC alcanzaron el máximo nivel de ICR (Tabla 8; Figura 11).

5.5. Agricultura y Ciencias de la Alimentación

En el campo de la Agricultura y las Ciencias de la Alimentación, la producción científica del MES constituyó el 92,1 % de la producción nacional, y solamente la producción del ICA significó el 77 % del total de artículos del país, y el 84 % del total del MES.

El CUG, el ICA, la UNAH y en menor medida el INCA, orientaron la mayor parte de su producción hacia esta temática. La UNAH, el INC, la UMCC y la UCLV presentaron los mejores valores de FINP e ICR (Tabla 9; Figura 12).

La UNAH ubicó en revistas de alto factor de impacto investigaciones relacionadas con el estudio de diferentes aceites vegetales, el mejoramiento genético de razas bovinas, y la erosión de los suelos en regiones ganaderas. El INCA presentó varios trabajos en revistas especializadas de Horticultura, muy bien posicionadas en esta categoría temática de acuerdo con el FIN, en uno de los cuales se estudió la diversidad de aceites en áreas montañosas subtropicales.

La UMCC, a través de los investigadores de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, desarrolló varios estudios sobre el enriquecimiento de pastos para la ganadería y la utilización de plantas arbóreas en los sistemas silvopastoriles. En el caso de la UCLV, creó un nuevo sistema

de drenaje de suelos arcillosos bajo el monocultivo de la caña de azúcar, que constituyó una de sus investigaciones mejor posicionadas de acuerdo con el FIN de la revista donde se publicó.

Tabla 9. Indicadores de producción e impacto de las CES y UCT del MES en Agricultura y Alimentación.

	Ndoc	%	% cat	IET	IER	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ncit	NcitXNdoc
ICA	147	97,4	84,0	6,8	0,74	0,879	1	0,7	8	28	0,190
UNAH	15	75,0	8,6	5,2	0,68	2,517	5	33,3	388	6	0,400
INCA	6	31,6	3,4	2,2	0,38	2,008	2	33,3	388	0	0,000
UMCC	6	8,7	3,4	0,6	-0,24	2,734	3	50,0	581	0	0,000
CENSA	5	14,3	2,9	1,0	0,00	0,887	0	0,0	0	1	0,200
UH	4	0,8	2,3	0,1	-0,9	1,172	0	0,0	0	0	0,000
CUG	4	100	2,3	7,0	0,75	0,854	0	0,0	0	0	0,000
UCLV	4	2,5	2,3	0,2	-0,7	1,902	1	25,0	291	1	0,250
CNIC	3	1,9	1,7	0,1	-0,77	0,854	0	0,0	0	0	0,000
UCAM	2	16,7	1,1	1,2	0,08	0,854	0	0,0	0	0	0,000
CUJAE	2	5,4	1,1	0,4	-0,45	1,282	0	0,0	0	0	0,000
UDG	1	11,1	0,6	0,8	-0,13	7,345	1	100,0	1163	1	1,000
UNICA	1	7,7	0,6	0,5	-0,30	3,745	1	100,0	1163	0	0,000
UO	1	1,1	0,6	0,1	-0,86	3,223	1	100,0	1163	0	0,000

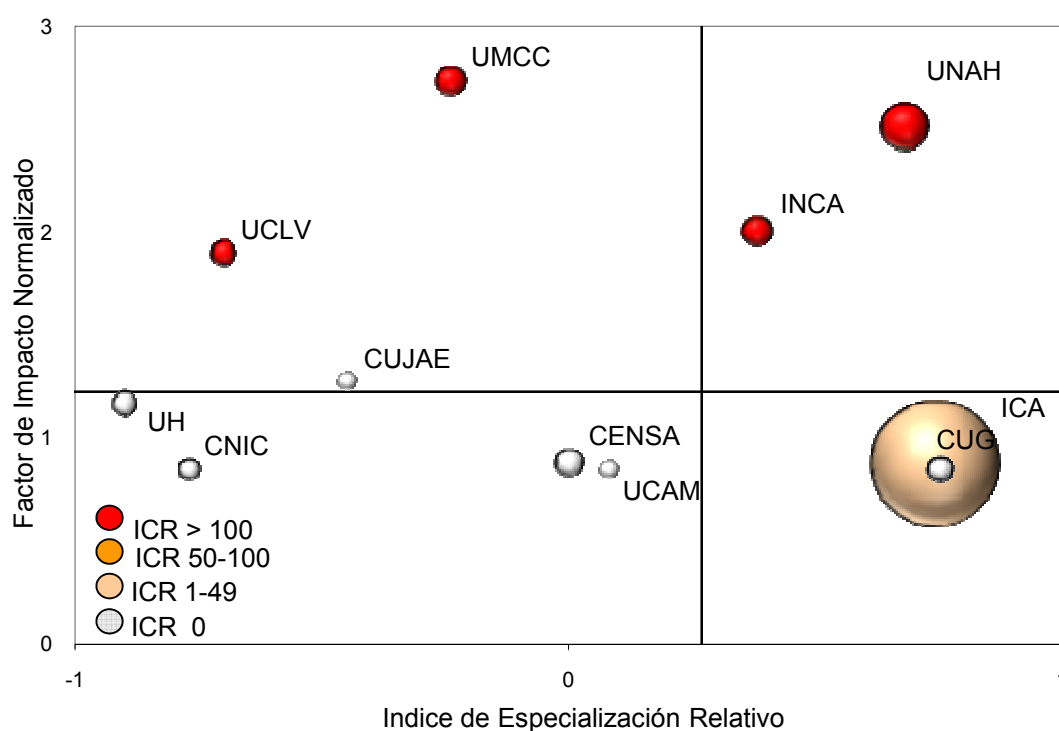


Figura 12. Factor de Impacto Normalizado Ponderado e Índice de Especialización Temática relativo de cada CES y UCT con respecto al MES en Agricultura y Alimentación.

El ICA registró prácticamente la totalidad de su investigación en la *Cuban Journal of Agricultural Science*, y entre sus investigaciones más destacadas estuvieron las que desarrollaron sobre la utilización de legumbres tropicales como fuentes de nitrógeno en la alimentación animal, la evaluación de fuentes alimenticias para la ganadería, la búsqueda de alternativas para el aumento de la producción de leche y el mejoramiento reproductivo de la raza bovina *Siboney*, entre otras.

La producción científica en la temática fue, de manera particular, pobremente citada.

5.6. Física y Ciencias del Espacio

Otro de los campos donde el MES ejerce su papel protagónico dentro de la producción científica nacional es, precisamente, el área de la Física y las Ciencias del Espacio. Los 154 artículos generados durante el período estudiado, que representan el 12,6 % de la producción del MES, constituyen el 73,7 % de la producción nacional sobre la temática.

Tabla 10. Indicadores de producción e impacto de las CES y UCT del MES en Física y Astronomía.

	Ndoc	%	% cat	IET	IER	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ncit	NcitXNdoc
UH	126	24,1	81,8	1,9	0,31	1,139	5	4,0	88	110	0,873
UO	17	18,1	11,0	1,4	0,18	0,992	0	0,0	0	8	0,471
UCLV	8	5,1	5,2	0,4	-0,42	1,793	1	12,5	278	12	1,500
CUJAE	7	18,9	4,5	1,5	0,20	1,382	0	0,0	0	1	0,143
UPR	3	30,0	1,9	2,4	0,41	2,369	1	33,3	741	1	0,333
CNIC	3	1,9	1,9	0,1	-0,74	1,752	0	0,0	0	7	2,333
UNICA	2	15,4	1,3	1,2	0,1	1,541	0	0,0	0	0	0,000
UHOLM	1	11,1	0,6	0,9	-0,06	0,595	0	0,0	0	0	0,000
UMCC	1	1,4	0,6	0,1	-0,79	2,081	0	0,0	0	4	4,000
CUSS	1	100	0,6	7,9	0,78	0,041	0	0,0	0	0	0,000

La UH dedicó el 24,1 % de su producción a las Ciencias Físicas, y produjo el 81,8 % de los artículos del MES en este campo temático (Tabla 10). Investigaciones sobre óptica, termofísica, física cuántica, física de polímeros y estudios sobre nanocristales conforman su producción científica de mayor

impacto, desarrollada principalmente en la Facultad de Física y el IMRE. Uno de los trabajos de mayor relevancia fue una revisión sobre experimentos en avalancha de vórtices realizada por especialistas del Laboratorio de Superconductividad de la UH y la Universidad de Oslo, Noruega.

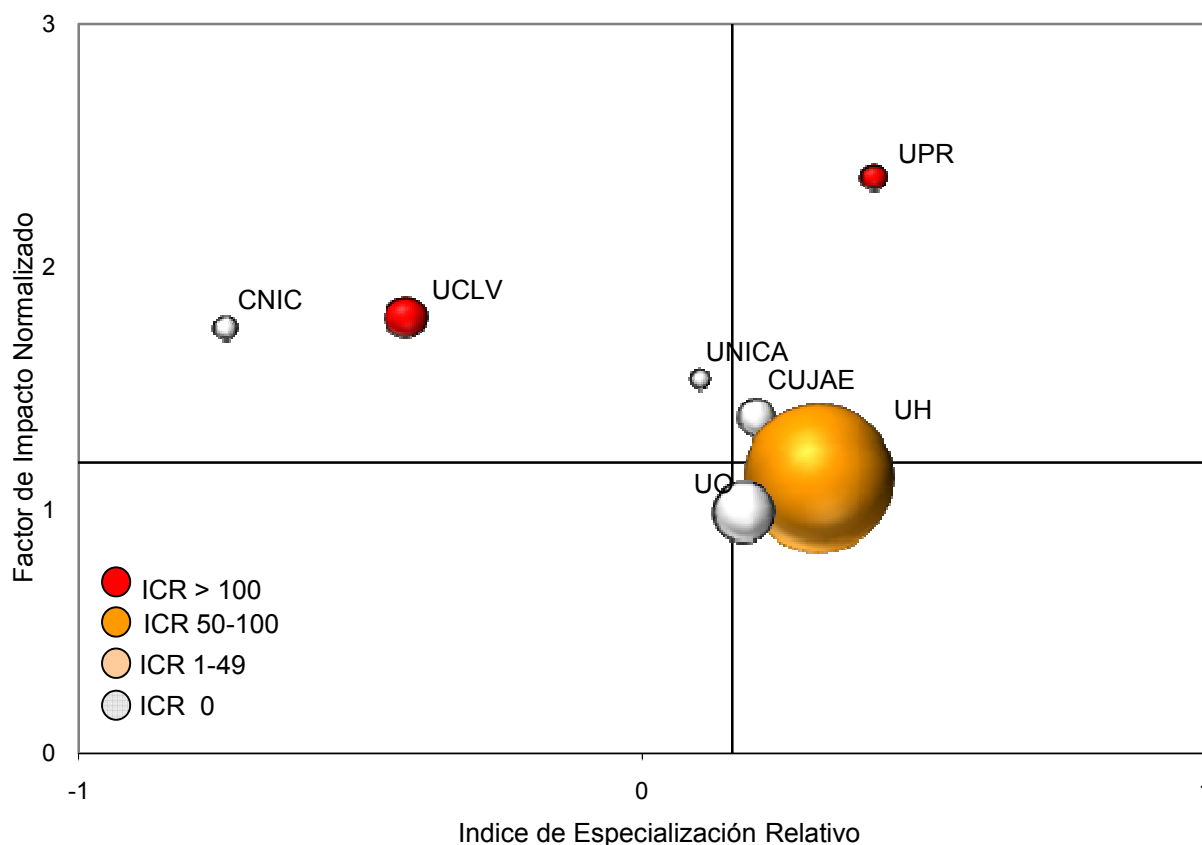


Figura 13. Factor de Impacto Normalizado Ponderado e Índice de Especialización Temática relativo de cada CES y UCT con respecto al MES en Física y Astronomía.

La UO fue la segunda institución más productiva, aunque no evidenció indicadores significativos desde el punto de vista cualitativo. Se destacan, sin embargo, un grupo de trabajos sobre holografía digital, realizados en colaboración con la CUJAE.

La UPR, la UCLV, el CNIC, la UNICA y la CUJAE presentaron valores de FINP superiores a la media del MES (Tabla 10; Figura 13); y tanto la UCLV como la UPR tuvieron los mayores valores de ICR (Figura 13).

Entre las principales investigaciones llevadas a cabo por estos centros, se encuentra la implementada por la Facultad de Montaña de San Andrés de la

UPR, sobre propiedades estructurales y termodinámicas de fluidos confinados; las investigaciones ópticas realizadas en el Centro de Neurociencias de Cuba cuando aún era parte de la estructura del CNIC; y los trabajos realizados por la UCLV, uno de ellos en colaboración con la UNICA, sobre estudios cosmológicos de la Teoría de la Energía Oscura y el desarrollo de modelos matemáticos para el estudio de los límites de la energía. El CNIC y la UCLV fueron los únicos centros que recibieron mayor cantidad de citas por trabajo que el promedio del MES.

5.7. Ingenierías

El 58,5 % de la producción científica cubana sobre Ingenierías fue protagonizado por el MES, el cual dedicó a este campo un 5,9 % de su producción total. La UH fue el CES más productivo dentro del ministerio, al producir el 55,6 % de los artículos; y la CUJAE, el ISMMM y la UHOLM, fueron los centros que más se especializaron en esta área temática (Tabla 11).

Tabla 11. Indicadores de producción e impacto de las CES y UCT del MES en Ingenierías.

	Ndoc	%	% cat	IET	IER	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ncit	NcitXNdoc
UH	40	7,7	55,6	1,3	0,13	1,655	8	20	85	23	0,575
UCLV	9	5,7	12,5	1,0	-0,01	1,601	1	11,1	47	1	0,111
CUJAE	8	21,6	11,1	3,7	0,57	1,705	1	12,5	53	2	0,250
UO	8	8,5	11,1	1,4	0,18	2,813	2	25	106	2	0,250
UMCC	4	5,8	5,6	1,0	0,01	1,991	1	25,0	106	2	0,500
CNIC	3	1,9	4,2	0,3	-0,52	3,629	3	100	424	4	1,333
ISMMM	2	40,0	2,8	6,8	0,74	1,666	0	0	0	0	0,000
UHOLM	2	22,2	2,8	3,8	0,58	2,978	1	50	212	0	0,000
UCF	2	16,7	2,8	2,8	0,48	3,485	2	100	424	0	0,000
UCAM	1	8,3	1,4	1,4	0,17	3,630	1	100	424	0	0,000
UNICA	1	7,7	1,4	1,3	0,13	2,361	0	0	0	0	0,000

La investigación de la UH se caracterizó por abordar temáticas relacionadas con la Ingeniería Química y la Ingeniería de Materiales, perfil que también caracterizó a la UCLV y la UCF. La CUJAE tuvo una producción orientada hacia la Ingeniería Mecánica y la Eléctrica, aunque aportó un interesante estudio de Ingeniería Civil, que desarrolló una técnica de fotografía de partículas para la medición de desplazamientos en modelos de construcción. El

ISMMM se especializó en trabajos sobre metalurgia y explotación de yacimientos de níquel; y la UHOLM ubicó un trabajo sobre minimización de costos de transportación nacional de la caña de azúcar en una revista de alto factor de impacto.

La UO, la UMCC y el CNIC mostraron los mejores valores de FINP, Ptac e ICR entre las instituciones más productivas (Tabla 11; Figura 14).

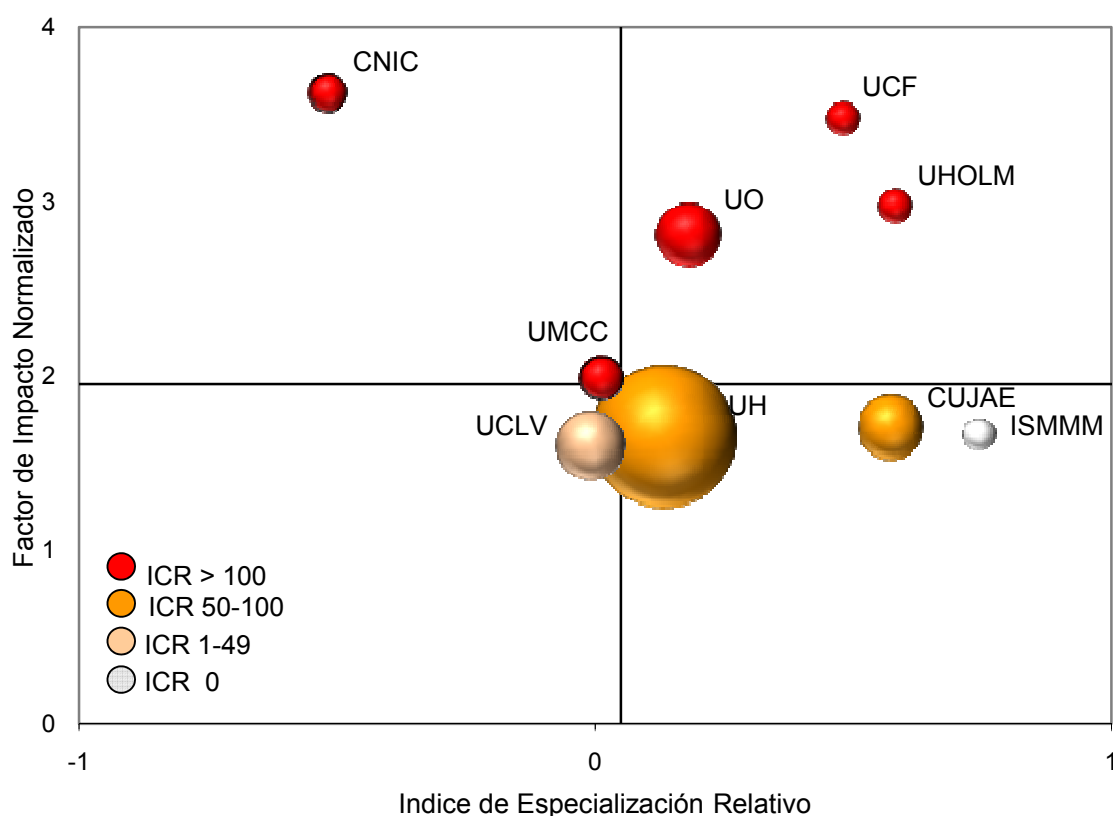


Figura 14. Factor de Impacto Normalizado Ponderado e Índice de Especialización Temática relativo de cada CES y UCT con respecto al MES en Ingenierías.

En el caso del CNIC, su producción en la temática abarcó trabajos relacionados con los efectos de la corrosión en ambientes tropicales, y fue el centro con mayor promedio de citas por artículo.

5.8. Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información

Las Ciencias e la Computación y Tecnologías de la información tuvieron una baja producción científica en *corriente principal* a nivel nacional (4,1 %). Sin embargo, el MES protagonizó el 62,8 % de esta producción, la cual alcanzó una proporción dentro del MES de un 4,8 %.

La UO y la UCLV fueron los CES más productivos (40,7 % y 27,1 % respectivamente), especializándose en investigaciones sobre reconocimiento de patrones y aplicaciones de Bioinformática (Tabla 12).

Tabla 12. Indicadores de producción e impacto de las CES y UCT del MES en Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información.

	Ndoc	%	% cat	IET	IER	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ncit	NcitXNdoc
UO	24	25,5	40,7	5,3	0,68	0,610	0	0,0	0	7	0,292
UCLV	16	10,2	27,1	2,1	0,36	0,793	1	6,3	184	33	2,063
UH	6	1,1	10,2	0,2	-0,62	0,609	0	0,0	0	0	0,000
CUJAE	4	10,8	6,8	2,2	0,38	0,867	0	0,0	0	2	0,500
UNICA	3	23,1	5,1	4,8	0,65	0,543	0	0,0	0	0	0,000
UMCC	3	4,3	5,1	0,9	-0,05	0,949	0	0,0	0	2	0,667
UHOLM	2	22,2	3,4	4,6	0,64	1,806	1	50,0	1471	0	0,000
UCF	1	8,3	1,7	1,7	0,27	0,543	0	0,0	0	0	0,000
UDG	1	11,1	1,7	2,3	0,39	0,543	0	0,0	0	1	1,000
UCAM	1	8,3	1,7	1,7	0,27	0,000	0	0,0	0	16	16,000

La UO tuvo entre sus principales aportes el desarrollo de sistemas de detección online para generar conocimiento implícito de un volumen de documentos, algoritmos para la categorización de textos y sistemas para el control de procesos electromecánicos. La UMCC implementó un enfoque sub-estructural topológico sustentado en Redes Neuronales para el diseño de compuestos antibacterianos que recibió altos niveles de citación. Además de la UCLV y la UMCC, la CUJAE y la UHOLM también presentaron valores de FINP por encima de la media del MES para el campo temático.

La CUJAE tuvo entre sus aportes varios trabajos sobre inteligencia artificial y un nuevo modelo espacial vectorial para la representación documental que facilita la dimensión ontológica. La UHOLM, de igual forma, desarrolló una

metodología para la extracción de conocimiento ontológico de un conjunto de documentos.

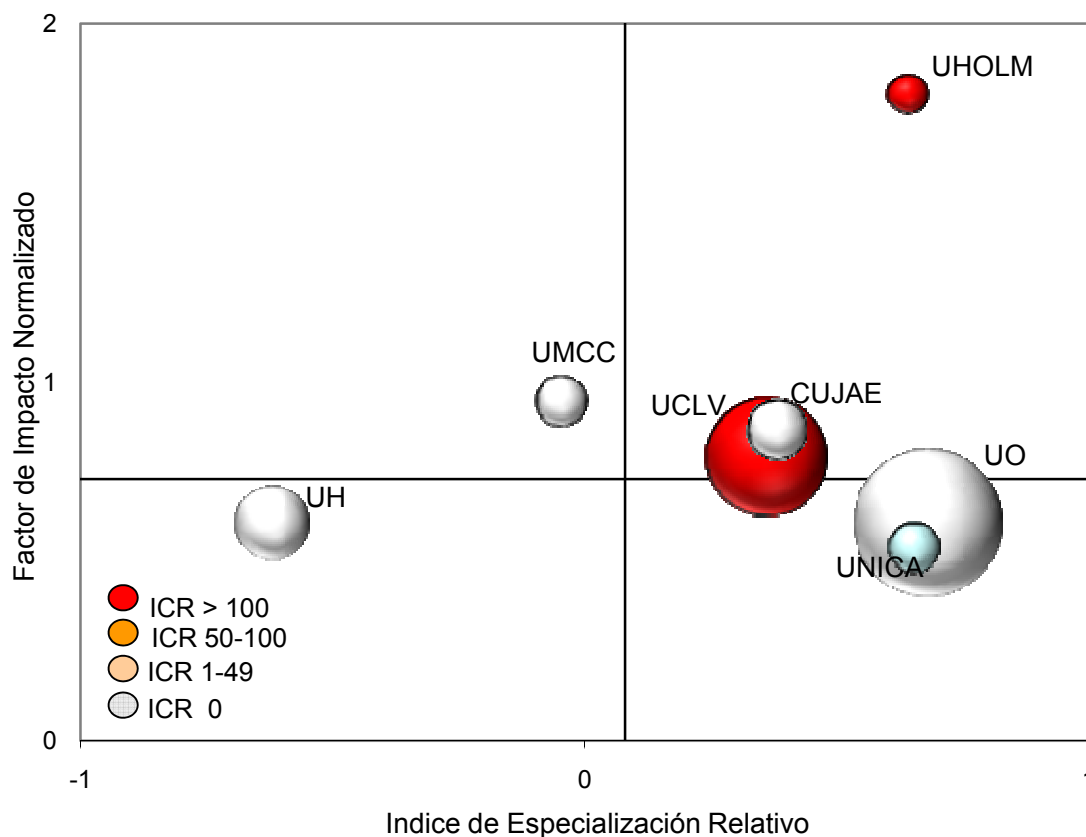


Figura 15. Factor de Impacto Normalizado Ponderado e Índice de Especialización Temática relativo de cada CES y UCT con respecto al MES en Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información.

La UCLV y la UHOLM fueron los centros con mayor ICR (Figura 15); y la UCLV, a su vez, recibió el mayor número de citas por artículo (Tabla 12).

5.9. Matemática y Estadística

Las Matemáticas y la Estadística fueron disciplinas poco productivas a nivel nacional, particularmente debido a la aplicación de ambas en estudios de todo tipo que fueron compilados en otros campos temáticos. Sin embargo, nuevamente el MES ejerció gran influencia sobre la producción científica del país, al publicar el 78,4 % del total de artículos de la temática en el Web de la Ciencia.

La UCLV, la UH y la UO fueron los CES más productivos, pero la UHOLM y la UDG fueron los CES que especializaron su producción en la temática (Tabla 13; Figura 16).

Tabla 13. Indicadores de producción e impacto de las CES y UCT del MES en Matemática y Estadística.

	Ndoc	%	% cat	IET	IER	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ncit	NcitXNdoc
UCLV	12	7,6	41,4	3,2	0,53	2,288	0	0	0	23	1,917
UH	6	1,1	20,7	0,5	-0,35	1,127	0	0	0	8	1,333
UO	5	5,3	17,2	2,2	0,38	0,789	0	0	0	1	0,200
UHOLM	4	44,4	13,8	18,7	0,90	0,796	0	0,0	0	1	0,250
UDG	3	33,3	10,3	14,1	0,87	0,884	0	0	0	0	0,000
UMCC	3	4,3	10,3	1,8	0,29	1,432	0	0	0	1	0,333
CUJAE	1	2,7	3,4	1,1	0,07	1,440	0	0	0	0	0,000

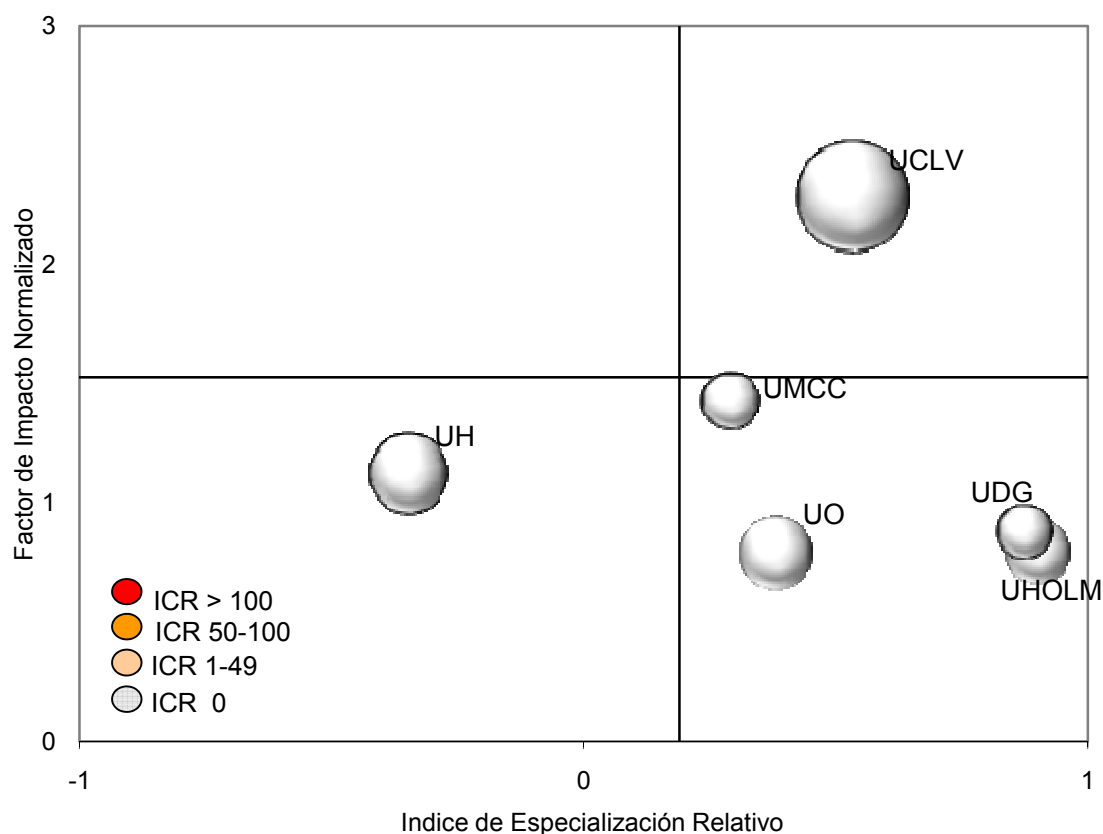


Figura 16. Factor de Impacto Normalizado Ponderado e Índice de Especialización Temática relativo de cada CES y UCT con respecto al MES en Matemática y Estadística.

En sentido general, no se lograron publicar trabajos en revistas de alto factor de impacto, aunque la UCLV logró los mejores indicadores cualitativos (Tabla 13). El desarrollo de estructuras algebraicas del código genético y la utilización de análisis de regresión multilineal y redes neuronales artificiales para la modelación molecular fue, nuevamente, el tema más recurrente en los trabajos de la UCLV.

La Facultad de Matemática y computación de la UH presentó investigaciones sobre polinomiales extremas en planos complejos, y sobre la autosimilaridad y el problema estacionario para la fragmentación y coagulación de modelos siguiendo el teorema de Poincaré-Bendixon sobre sistemas dinámicos.

Las facultades de Matemática de la UO y la UHOLM, trabajaron en conjunto para lograr fórmulas de representación de integrales Cauchi-Pompeiu de orden superior; mientras que la UMCC realizó investigaciones sobre algoritmos genéticos y polinomiales ortogonales, y la UDG trabajó en el uso de parámetros fractales para el estudio de materiales sólidos porosos.

5.10. Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente

La producción científica sobre Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente realizada por el MES, abarcó el 46,9 % de la producción nacional.

El CNIC, con algunos trabajos dedicados al uso del ozono en el tratamiento de residuales entre los más destacados, y la CUJAE, con trabajos sobre tratamiento de residuales en sistemas hidráulicos, fueron los centros más productivos (Tabla 14); en el primer caso, gracias a la actividad investigativa de los especialistas del Centro de Investigaciones del Ozono; y en el segundo caso, a través del desempeño de profesores e investigadores del Centro de Investigaciones Hidráulicas, la Facultad de Ingeniería Química y el centro de Tecnologías y Energías Renovables.

La UH, con trabajos sobre geofísica que desarrollaron idealizaciones matemáticas de sistemas naturales, especialmente de movimientos tectónicos y actividad sísmica, fue la tercera institución más productiva. Sin embargo, los centros con mayor esfuerzo temático en el campo, además de la CUJAE, fueron el ISMMM y la UPR. El primero, con estudios sobre depósitos de

cromitas en la cadena ofiolítica Mayarí-Baracoa, uno de los principales yacimientos de níquel en el mundo; y el segundo, con estudios sobre organización, gestión y mantenimiento de áreas forestales.

Tabla 14. Indicadores de producción e impacto de las CES y UCT del MES en Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente.

	Ndoc	%	% cat	IET	IER	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ncit	NcitXNdoc
CNIC	8	5,0	34,8	2,6	0,45	1,374	0	0	0	1	0,125
CUJAE	7	18,9	30,4	10,1	0,82	2,193	1	14,3	55	3	0,429
UH	3	0,6	13,0	0,3	-0,53	1,404	0	0	0	2	0,667
ISMMM	2	40,0	8,7	21,3	0,91	5,505	2	100	383	2	1,000
UPR	2	20,0	8,7	10,6	0,83	5,715	2	100	383	0	0,000
INCA	1	5,3	4,3	2,8	0,47	5,632	1	100	383	1	1,000

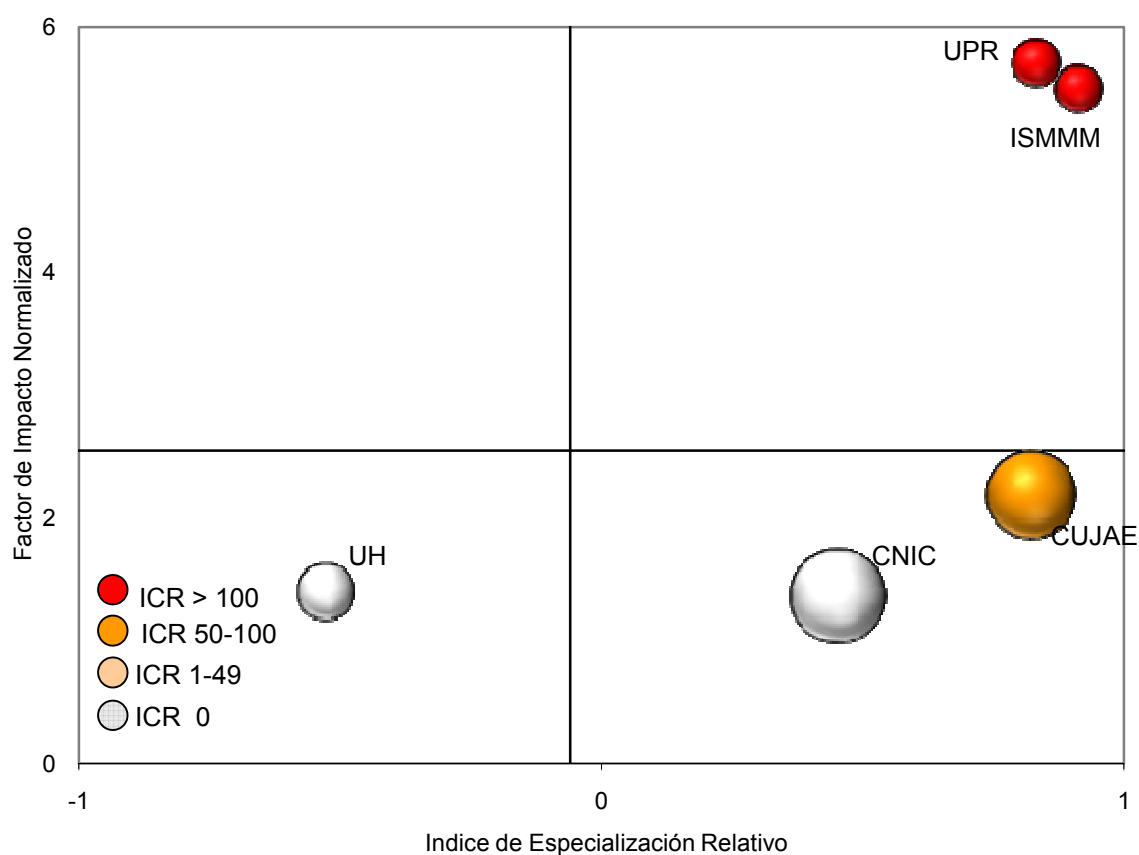


Figura 17. Factor de Impacto Normalizado Ponderado e Índice de Especialización Temática relativo de cada CES y UCT con respecto al MES en Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente.

Fueron el ISMM y la UPR precisamente los centros con mayores valores de ICR entre los más productivos (Figura 17).

La actividad de citación en el campo fue baja (Tabla 13), aunque la visibilidad alcanzada fue la más alta entre los campos temáticos estudiados.

5.11. Ciencias Sociales y Humanidades

La baja producción en *corriente principal* sobre Ciencias Sociales y Humanidades, fenómeno ampliamente debatido en la literatura, afloró de igual forma en la presente investigación.

El MES fue el responsable del 47,8 % de la producción científica nacional en el campo, que abarcó sólo 23 artículos. El bajo factor de impacto de las revistas donde fueron publicados los artículos, igual a 0 en el 42 % de los casos, evidenció la imposibilidad de obtener criterios cualitativos que permitan valorar con objetividad el comportamiento de la actividad científica en el campo. La cantidad de citas recibidas por estos trabajos fue prácticamente nula.

Tabla 14. Indicadores de producción e impacto de las CES y UCT del MES en Ciencias Sociales y Humanidades.

	Ndoc	%	% cat	IET	IER	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ncit	NcitXNdoc
UH	6	1,1	54,5	1,3	0,12	0,468	0	0	0	1	0,167
UO	3	3,2	27,3	3,5	0,56	0,000	0	0	0	0	0,000
UDG	1	11,1	9,1	12,4	0,85	0,000	0	0	0	0	0,000
CENSA	1	2,9	9,1	0,1	-0,87	0,000	0	0	0	0	0,000
CNIC	1	0,6	9,1	0,7	-0,18	3,491	1	100	1099	0	0,000

La UH y la UO, con 6 (54,5 %) y 3 (27,3 %) trabajos respectivamente, constituyeron los centros más productivos del período (Tabla 14; Figura 18).

La UH realizó fundamentalmente investigaciones sociológicas que trataron la percepción de la raza en 6 regiones del mundo, así como los componentes subjetivos de la felicidad y su significado para las poblaciones de Italia y Cuba, además de dos investigaciones sobre el intercambio académico entre Cuba y Los Estados Unidos.

Dentro de la producción de la UO, se destacaron dos estudios históricos sobre el Siglo XIX cubano; uno que abarcó los primeros 68 años del siglo, y el otro el período de las guerras de independencia.

El único trabajo que logró posicionarse en una revista de alta visibilidad internacional en todo el campo, fue un estudio bibliométrico sobre la producción científica cubana durante el período 1988-2003, desarrollado por especialistas del Departamento de Información Científica del CNIC y la Universidad de Ghent, en Bélgica, el cual ha sido citado en reiteradas ocasiones durante la presente investigación.

5.12. Consideraciones finales

El estudio del perfil temático de las CES y UCT durante el período, en comparación con la visibilidad alcanzada por la actividad investigativa realizada por ellos, y tomando en cuenta las investigaciones de mayor calidad desarrolladas en los correspondientes campos temáticos, permitió una valoración analítica y objetiva de las fortalezas científicas del MES como sistema, así como de las características de la investigación de mayor impacto realizada en sus instituciones.

De manera general, más allá de la tradicional estructura, misión y visión de cada CES y UCT del MES, de acuerdo con la producción científica en *corriente principal*, y teniendo en cuenta los mayores volúmenes de producción en los diferentes campos temáticos, se pudieron identificar cuatro bloques principales en los que se estructura la actividad científica del MES.

En primer lugar, un bloque de investigaciones biomédicas, que agrupa dos líneas de investigación principales: una de carácter eminentemente biomédico, protagonizada por el CNIC, la UCLV, la UCAM y la UCF; y otra de corte puramente biológico, liderada por la UMCC, el CENSA, el INCA y la UNICA.

En segundo lugar, un bloque de investigaciones en Ciencias Exactas, caracterizado por la fortaleza de la investigación básica en las Ciencias Químicas, la Física y las Matemáticas, liderado por la UH y la UO, y donde pueden incluirse la UPR y la UDG.

En tercer lugar, un bloque de investigaciones agrícolas, claramente definido, con protagonismo para el ICA, la UNAH y el CUG.

Y finalmente, un bloque de investigaciones aplicadas, con alto nivel de especialización en ciencias técnicas, y vinculado generalmente a actividades industriales, encabezado por la CUJAE, la UHOLM y el ISMMM.

El desarrollo alcanzado por estos cuatro bloques de investigación, y específicamente de cada uno de los CES y UCT del MES, ha estado en mayor o menor medida relacionado con los diversos patrones de colaboración científica que han caracterizado tanto a las disciplinas como a las propias instituciones.

El próximo capítulo, por tanto, estará dedicado a determinar la incidencia de los patrones de colaboración científica, y muy en especial el establecimiento de vínculos con instituciones de otros países, en la visibilidad e impacto de la investigación desarrollada en los CES y UCT del MES y publicada en revistas de *corriente principal*.

Capítulo 6

Análisis de la Colaboración Científica Internacional en las Instituciones adscritas al Ministerio de Educación Superior

6.1. La colaboración internacional: estrategia nacional

Las relaciones de colaboración entre investigadores e instituciones dedicadas a la investigación científica, así como el carácter local o internacional de estas relaciones, se ha convertido en un fenómeno ampliamente estudiado por la literatura mundial, principalmente a través del análisis de las bases de datos del ISI (BOOKSTEIN *et al.*, 2006; PERSSON *et al.*, 2004; SCHUMMER, 2004; WAGNER, 2005).

La colaboración está asociada al propio desarrollo de la actividad científica, y ha sido utilizada en muchos casos como estrategia para aumentar la visibilidad de los resultados de investigación de naciones, instituciones o grupos de investigación (VAN RAAN, 1998). Se ha demostrado que altos niveles de colaboración internacional hacen posible el crecimiento de la visibilidad y el impacto de la producción científica de un país, convirtiéndose en un indicador de relevancia para la comunidad científica internacional (ARUNACHALAM y DOSS, 2000; BASU y AGGARWAL, 2001; BASU y KUMAR, 2000; LETA y CHAIMOVICH, 2002; NARVAEZ-BERTHELEMOT, 1995; VOGEL, 1997).

En la región latinoamericana, recientes estudios revelan que la colaboración científica internacional, y por ende la visibilidad e impacto de los autores e instituciones latinoamericanos, ha aumentado a un ritmo sumamente acelerado (SANCHO *et al.*, 2006). Sin embargo, existen autores que plantean que el intercambio de conocimientos entre científicos de diversos países, además de estrategia de difusión, ha de verse también como fuente de innovación. La velocidad de acumulación de conocimientos es en la actualidad mucho mayor que la velocidad a la que es posible evaluar el impacto de cada hallazgo científico. Por tanto, mientras la cooperación sea vista como un proceso de difusión de conocimientos en el que participan individuos, su alcance será limitado. De acuerdo con Agustín Lage, hay que ver la cooperación como un

proceso de integración de conocimientos en el cual participan colectividades (LAGE, 2005).

Para Lage, la visión marcadamente individualista permea la colaboración científica internacional, y específicamente la que caracteriza la región; y no constituye un problema meramente conceptual, sino que tiene implicaciones concretas en el plano operativo, expresada en las discusiones que se establecen para pasar de acciones aisladas a programas a largo plazo, de intercambios sur-norte a intercambios en ambas direcciones, de programas de formación de cuadros a programas de fortalecimiento de instituciones, de compartir información a compartir canales de acceso a la información (LAGE, 2005).

De igual forma, el autor plantea que hay una segunda limitación en la manera de concebir la cooperación internacional con los países de América Latina, y está en la identificación de temas prioritarios, como aquellos que tienen que ver con problemas de salud, ambientales y agrícolas propios de la región. Este fenómeno, aparentemente inobjetable, desacopla sin embargo a la investigación llevada a cabo en la región de los problemas esenciales en que trabaja la comunidad científica mundial, y mantiene la colaboración científica más cercana a la "ayuda" que a la real colaboración. Para Lage, hay que intentar introducir equipos científicos de la región en los grandes problemas de las fronteras del conocimiento, sin que ello signifique enajenarlos de las necesidades locales. *Ni en un extremo ni en otro: el desafío es precisamente tender los puentes* (LAGE, 2005).

En Cuba, las estrategias de cooperación científica en los últimos años han estado dirigidas hacia esa dirección.

La colaboración internacional en la producción científica cubana ha sido estudiada con cierta regularidad en algunos estudios publicados en revistas nacionales e internacionales. Durante el período 1985-1989, los artículos realizados en colaboración internacional significaban el 54,1 % de la producción nacional, de los cuales el 13,7 % tenían a instituciones de la desaparecida Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) como principal socio colaborador, y el 10,7 % a instituciones de la antigua República Democrática Alemana (SANCHO *et al.*, 1993). En aquel entonces, la

colaboración científica con instituciones de países integrantes del bloque socialista caracterizaba la producción científica nacional en *corriente principal*.

El colapso del bloque socialista europeo, provocó un cambio radical en la distribución geográfica de la cooperación internacional del país. Sancho y colaboradores, en un estudio de la región latinoamericana que comprendió el período 1999-2002, hallaron en la producción nacional una tasa de colaboración con instituciones foráneas cercana al 40 %, e identificaron a Cuba como el país de Latinoamérica con mayor porcentaje de artículos en colaboración con instituciones de la región (24 %), destacándose su producción científica conjunta con México y Brasil (SANCHO *et al.*, 2006). Arencibia y Araujo identificaron a España y México como principales colaboradores en la producción científica recogida en las bases de datos del CINDOC de España durante el período 1995-2001 (ARENCEBIA JORGE y ARAUJO RUÍZ, 2004); y Cañedo y Guerrero estudiaron las Ciencias Biomédicas en revistas de *corriente principal* durante el periodo 1989-1999, hallando una tasa de colaboración internacional del 32,3 %, e identificando a los Estados Unidos de América —sorprendente y paradójicamente, teniendo en cuenta las tensiones políticas existentes entre ambos países—, como el principal socio colaborador.

6.2. La colaboración internacional en el Ministerio de Educación Superior

Las políticas y estrategias del MES en materia de investigación científica, durante los últimos años, han estado orientadas hacia la búsqueda de canales de comunicación más universales, fuentes de financiamiento para sus proyectos más seguras y confiables, y equipos de investigación internacionales que permitan el intercambio equitativo de conocimientos y la elevación del rigor científico de las investigaciones.

La Estrategia Maestra de Internacionalización trazada por el MES ha influido positivamente en el incremento de la colaboración internacional observado en la producción científica de los CES y UCT, que ha evidenciado una tendencia lineal de crecimiento durante el período estudiado (Figura 18).

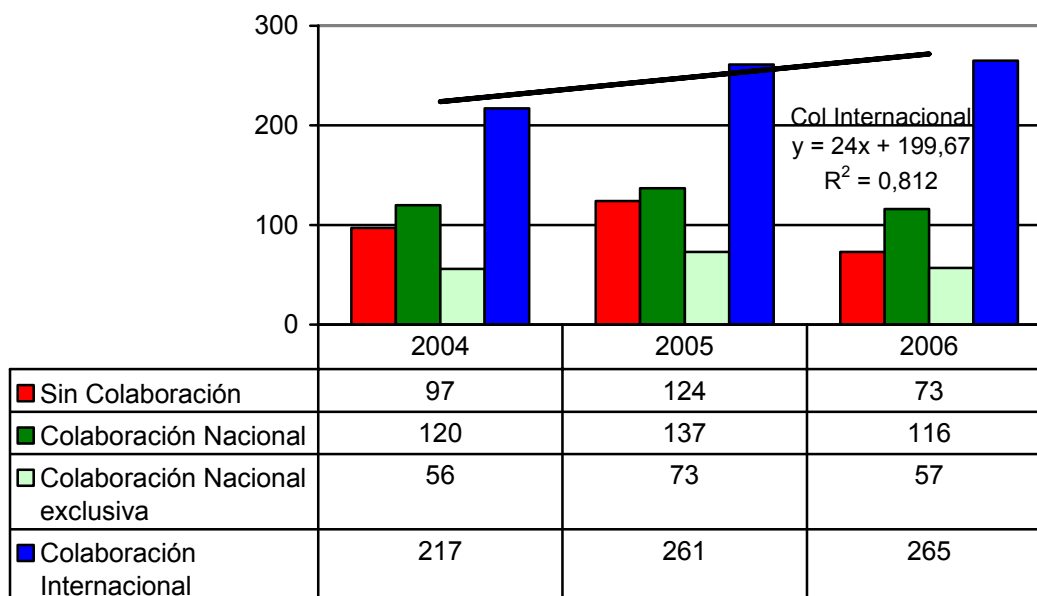


Figura 18. Producción científica del MES durante el período 2004-2006 según tipo de colaboración.

El 60,8 % de la producción científica del Ministerio durante el período cuenta con al menos un autor internacional. La producción sin colaboración, así como la realizada exclusivamente entre instituciones nacionales disminuyó, y el porcentaje de artículos con colaboración internacional aumentó de un 58,6 % en el año 2004, a un 67,1 % en el 2006 (Figura 19).

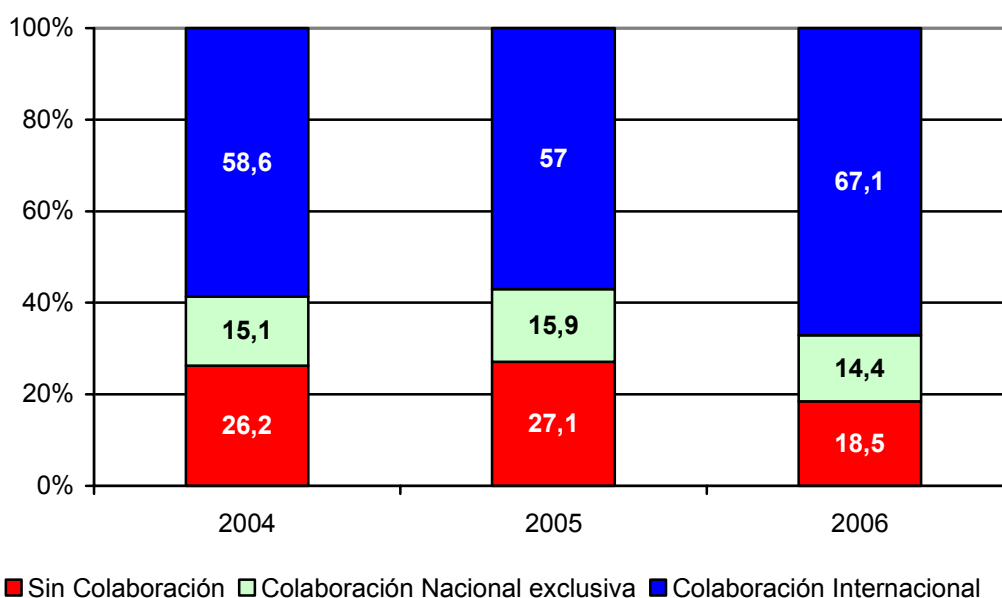


Figura 19. Distribución porcentual de la producción científica del MES durante el período 2004-2006 según tipo de colaboración.

En el presente trabajo, los artículos fueron clasificados en cuatro categorías. La producción científica sin colaboración, establecida entre autores de una misma institución, significó un 24 % de la producción total; la colaboración nacional abarcó el 30,5 %, de la cual el 49,9 % se realizó sin presencia de instituciones foráneas y constituyó el 15,2 % del total; el 60,8 % restante, con un 25 % de solapamiento (artículos con participación de varias instituciones cubanas), correspondió a los 743 artículos con presencia de instituciones de 51 países. De esta forma, teniendo en cuenta que la producción científica del MES constituye más de la mitad de la producción del país, se puede deducir una proporción en la colaboración internacional similar o superior a la alcanzada durante la década de 1980 (Tabla 15).

Tabla 15. Indicadores de producción e impacto según tipo de colaboración.

Tipos de colaboración	Ndoc	%	FIN	Ntac	Ptac	ICR	Ndoc cit	% Ndoc cit	Ncit	NcitXNdoc
SC	294	24,0	1,073	17	5,8	43	76	25,9	178	0,605
CN	373	30,5	1,498	41	11,0	81	149	39,9	481	1,290
CN exclusiva	186	15,2	1,262	14	7,5	55	55	29,6	121	0,651
CI	743	60,8	1,861	135	18,2	134	331	44,5	1063	1,431
MES	1223		1,581	166	13,6		462	37,8	1363	1,114

El análisis de los indicadores de visibilidad e impacto, permitió confirmar la existencia de una correlación entre el FINP y el ICR ($r=0,99$), así como con el promedio de citas por artículo según el tipo de colaboración ($r=0,93$). Todos los indicadores fueron creciendo a medida que aumentó el nivel de agregación; y la colaboración internacional mostró una proporción de artículos de alta calidad superior a la media del MES, que significó un índice de calidad relativo superior a 100 (Tabla 15; Figura 20).

Al analizar el comportamiento del FINP y el promedio de citas por artículo con respecto a los valores promedios observados en la producción científica del MES, se pudo apreciar que ambos valores fueron muy superiores en la producción científica con instituciones internacionales; mientras que en la colaboración nacional mostraron valores muy cercanos a la media, con un valor superior en el promedio de citas recibidas (Figura 21).

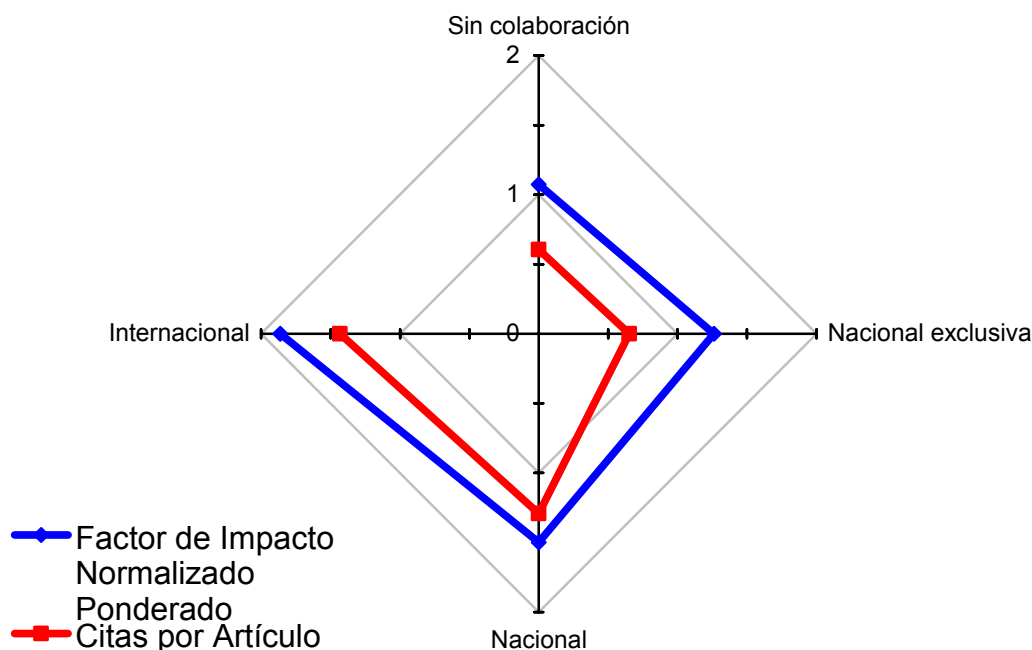


Figura 20. Comportamiento del Factor de Impacto normalizado y el promedio de citas por artículo según el tipo de colaboración.

Sin embargo, el haber distinguido la colaboración realizada exclusivamente entre instituciones nacionales, permitió confirmar que los valores observados en la colaboración nacional se debían al 50 % de colaboraciones internacionales que se solapaban; y que tanto la producción científica realizada exclusivamente entre instituciones nacionales, como la realizada sin colaboración, mostraron valores muy por debajo de la media del MES (Figura 21).

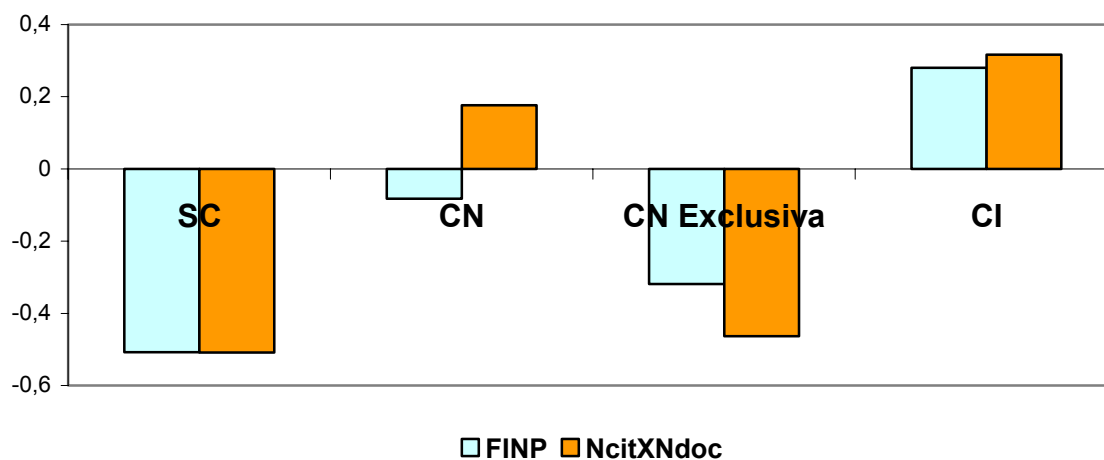


Figura 21. Comportamiento del Factor de Impacto normalizado y la proporción de citas por artículo con respecto a la media del MES según el tipo de colaboración.

El rango de la colaboración fue determinado de acuerdo con la cantidad de instituciones firmantes del artículo. En la colaboración nacional, predominaron las relaciones bilaterales (75,6 %) y trilaterales (20,4 %), aunque fueron las multilaterales las que obtuvieron mayores indicadores de visibilidad e impacto (Tabla 16).

Tabla 16. Indicadores de impacto según el rango de colaboración nacional.

Total de instituciones colaboradoras	Ndoc	% CN	% MES	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ndoc cit	% Ndoc cit	Ncit	NcitXNdoc
1 inst	282	75,6	23,1	1,561	34	12,1	89	119	42,2	347	1,230
2 inst	76	20,4	6,2	1,186	4	5,3	39	23	30,3	57	0,750
3 inst	11	2,9	0,9	1,355	2	18,2	134	5	45,5	30	2,727
4 inst	4	1,1	0,3	3,397	1	25,0	184	2	50,0	47	11,750
CN	373		30,5	1,498	41	11,0	81	149	39,9	481	1,290
CN Exclusiva*	186		15,2	1,262	14	7,5	55	55	29,6	121	0,651

* Se excluyen los trabajos con participación internacional.

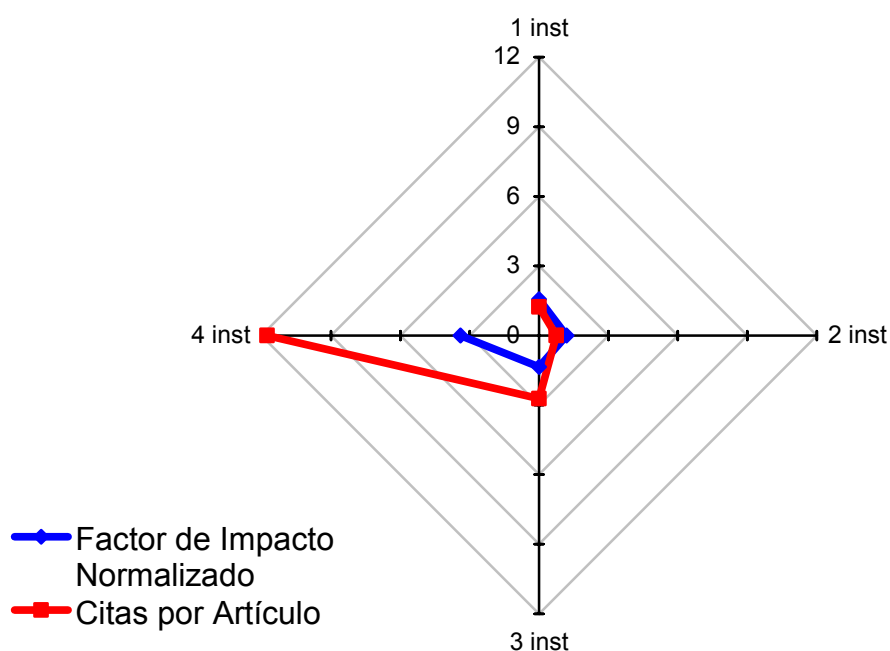


Figura 22. Comportamiento del Factor de Impacto normalizado y la proporción de citas por artículo según el rango de colaboración nacional.

Nuevamente hubo correlación entre los indicadores FINP e ICR ($r=0,81$), y entre el FINP y el promedio de citas por artículo según el tipo de colaboración

($r=0,97$), Un total de 10 colaboraciones multilaterales de 15 posibles (66,7 %) pertenecieron al campo de las Ciencias Médicas, recibieron un promedio de citas por artículo muy superior a la media, y se mostraron *in crescendo* en la medida que aumentó el rango de la colaboración (Figura 21).

El rango de la colaboración internacional, por su parte, tiene igualmente en las colaboraciones bilaterales y trilaterales las relaciones preponderantes (60,4 %), aunque la mayor visibilidad se alcanza cuando participan en los artículos entre 3 y 5 instituciones (Tabla 17). Todos los rangos muestran patrones de calidad por encima de la media del MES, y existe correlación entre el FINP y el ICR ($r=0,93$).

Tabla 17. Indicadores de impacto según el rango de colaboración internacional.

Total de instituciones colaboradoras	Ndoc	% CI	% MES	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ndoc cit	% Ndoc cit	Ncit	NcitXNdoc
1 inst	449	60,4	36,7	1,848	80	17,8	131	195	43,4	602	1,341
2 inst	192	25,8	15,7	1,650	28	14,6	107	89	46,4	276	1,438
3 inst	75	10,1	6,1	2,234	19	25,3	186	34	45,3	150	2,000
4 inst	14	1,9	1,1	2,840	5	35,7	263	7	50,0	21	1,500
5 inst	7	0,9	0,6	2,549	2	28,6	210	3	42,9	10	1,429
6 o más	6	0,8	0,5	1,840	1	16,7	123	3	50,0	3	0,500
CI	743		60,8	1,861	135	18,2	134	331	44,5	1063	1,431

Sin embargo, el valor de las citas recibidas por los artículos disminuye a medida que aumenta la cantidad de instituciones participantes en las colaboraciones multilaterales (Figura 23). El 80 % de estos artículos fueron publicados en el 2005 y el 2006, y el 50 % en el último año, lo cual incide de manera directa en los valores de citación. No obstante, el hecho de que las colaboraciones multilaterales se estén manifestando durante los dos últimos años, revela una mayor presencia del MES en proyectos multinacionales que pudieran significar un mayor impacto de la investigación en años posteriores (Figura 23).

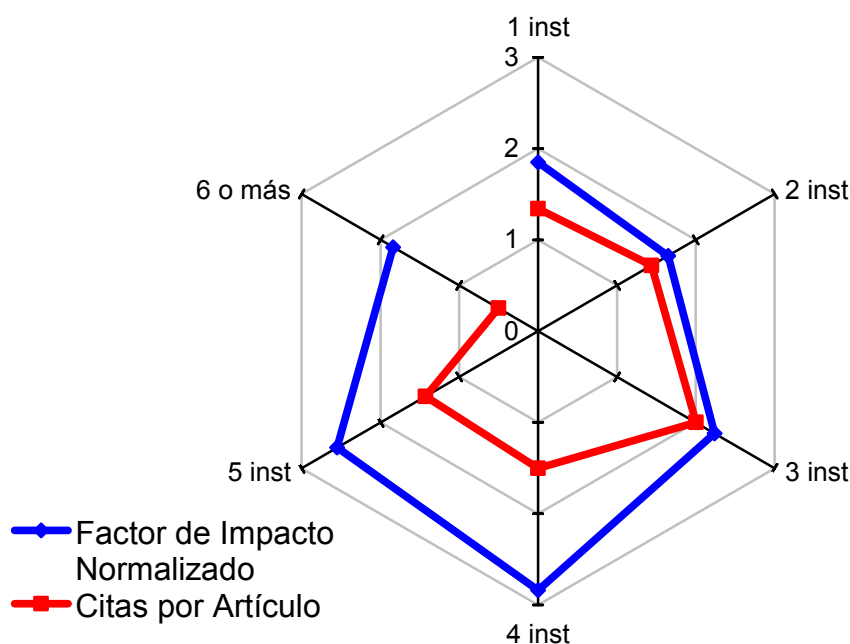


Figura 23. Comportamiento del Factor de Impacto normalizado y la proporción de citas por artículo según el rango de colaboración internacional.

6.3. Tipología e Impacto de la colaboración internacional por campos temáticos

El análisis de la colaboración por campos temáticos permitió identificar a las Ciencias Químicas, Ciencias Médicas, Física y Ciencias del Espacio, y Ciencias Biológicas, como los frentes de investigación con mayor cantidad de artículos co-publicados con instituciones foráneas, al concentrar el 79,9 % del total de colaboraciones internacionales del MES. Las Ciencias Médicas produjeron la mayor cantidad de colaboraciones nacionales, y la mayor cifra de trabajos con participación exclusiva de instituciones del país. En contraste, las Ciencias Agrícolas alcanzaron el más alto índice de producción científica sin colaboración (Figura 24, Tabla 18).

La proporción de los tipos de colaboración, sin embargo, mostró a la Física y las Ciencias del Espacio (86,4 %), las Ingenierías (83,3 %), las Ciencias Químicas, y las Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, como los campos temáticos donde mayor dependencia se ha creado de la colaboración internacional (Figura 25, Tabla 18). Las Ciencias Biológicas y Médicas también tuvieron proporciones superiores al 50 %, y en los cuatro campos temáticos restantes la producción científica nacional fue predominante.

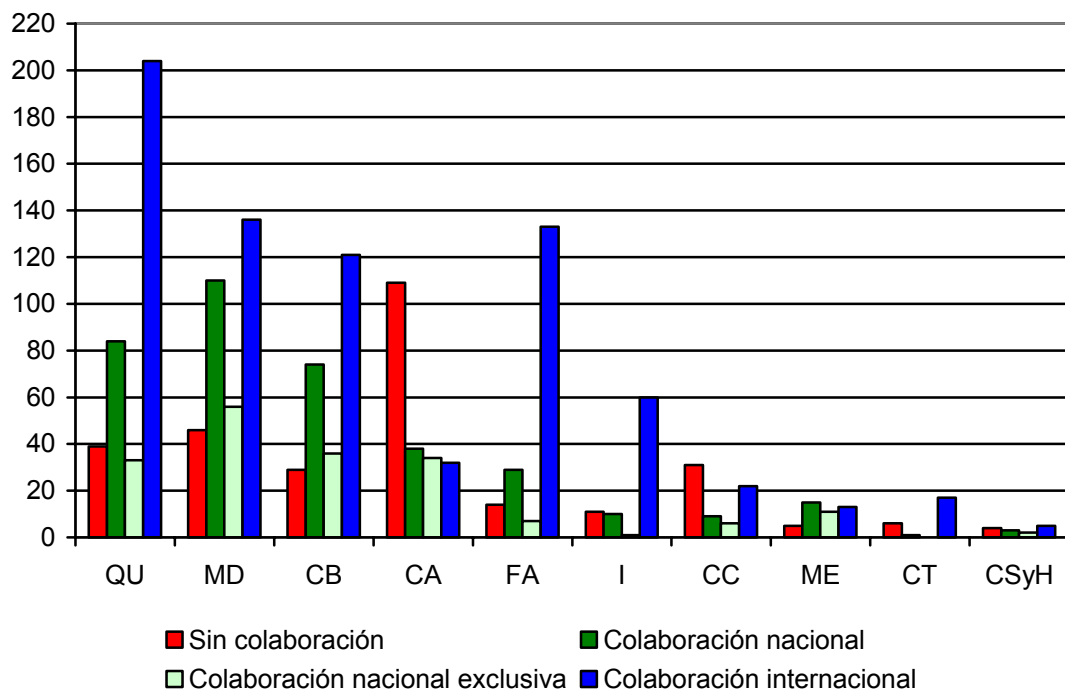


Figura 24. Producción científica del MES por campo temático según el tipo de colaboración durante el período 2004-2006.

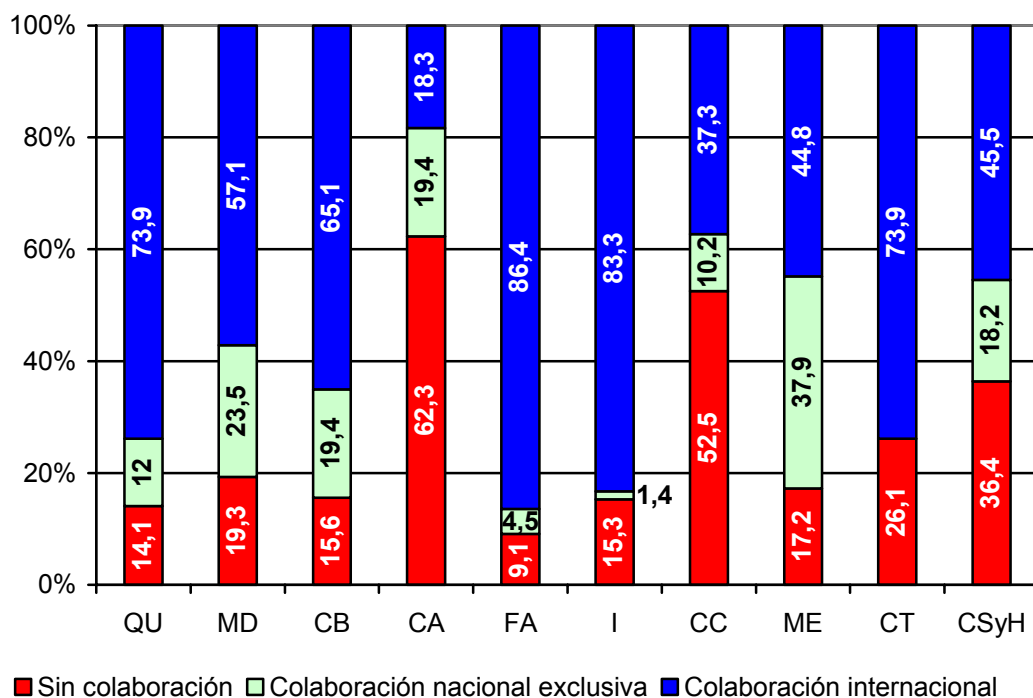


Figura 25. Distribución porcentual de la producción científica del MES por campo temático y según el tipo de colaboración durante el período 2004-2006.

El índice de coautoría fue un indicador a destacar en el estudio de la colaboración internacional por temáticas. Hubo cierta correlación entre el Índice de coautoría y la proporción de artículos firmados con instituciones extranjeras ($r=0,69$). Las Ciencias Médicas y las Ciencias Biológicas promediaron un total 7 y 6 autores por artículos respectivamente, aunque lo que más llamó la atención, fueron los valores similares en campos tan disímiles como la Física y las Ciencias Agrícolas, ambos con 4 autores por artículo. Si bien esta cifra es algo normal en las Ciencias Agrícolas, no lo es en la Física y Ciencias del Espacio, donde la colaboración se pone de manifiesto entre gran cantidad de grupos de investigación multinacionales. Además, fue precisamente en este campo donde los resultados del presente trabajo mostraron la mayor tasa de co-publicaciones con el resto de los países del mundo. La poca asociatividad observada entre los físicos tal vez esté causada por el matiz teórico de muchos de los trabajos publicados por la Facultad de Física de la UH, la cual protagoniza la producción del MES en la temática, en conjunto con instituciones mexicanas como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN), entre otros.

Tabla 18. Indicadores de producción e impacto de la colaboración internacional del MES por campo temático durante el período 2004-2006.

CT	Ndoc	Ndoc CI	% CI MES	% Ndoc CI	I-Coaut	II	FINP CI	Ntac	Ptac	ICR
QU	276	204	27,5	73,9	5,0	1,22	2,154	48	23,5	129
MD	238	136	18,3	57,1	6,7	0,94	2,628	40	29,4	162
FA	154	133	17,9	86,4	4,0	1,42	1,190	5	3,8	21
CB	186	121	16,3	65,1	5,9	1,07	1,116	6	5,0	27
I	72	60	8,1	83,3	4,4	1,37	1,993	15	25,0	137
CA	175	32	4,3	18,3	4,0	0,30	2,578	13	40,6	223
CC	59	22	3,0	37,3	3,7	0,61	0,668	1	4,5	25
CT	23	17	2,3	73,9	4,2	1,22	2,978	6	35,3	194
ME	29	13	1,7	44,8	3,4	0,74	1,508	0	0,0	0
CSyH	11	5	0,7	45,5	2,6	0,75	1,159	1	20,0	110
MES	1223	743	100	60,8	5,0	1,0	1,861	135	18,2	100

El impacto de los trabajos por categoría fue representado en combinación con el Índice de Internacionalización (II), con vistas a identificar los campos

temáticos con mayor tendencia hacia la colaboración internacional, y determinar la influencia de esta sobre la calidad de los artículos (Figura 26).

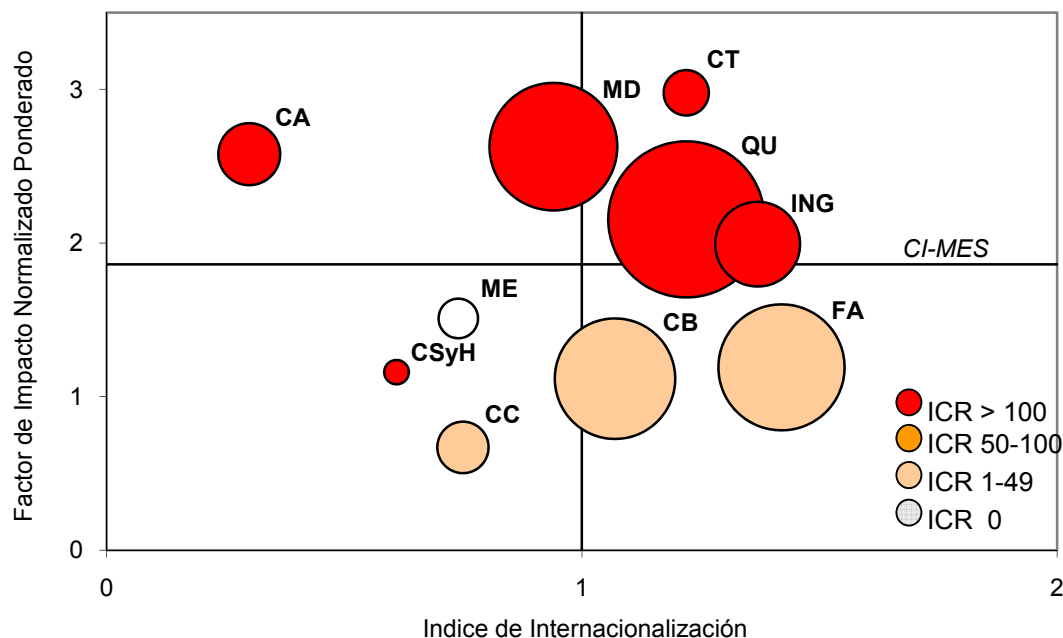


Figura 26. Factor de impacto normalizado ponderado con respecto al índice de internacionalización de la colaboración internacional del MES por campo temático durante el período 2004-2006.

Las Ciencias de la Computación, la Matemática y Estadística y las Ciencias Sociales y Humanidades constituyen los frentes menos colaboradores, y con poca visibilidad, lo cual los hizo ubicarse en el cuadrante inferior izquierdo. La colaboración en Ciencias Sociales y Humanidades tiene una alta calidad relativa, pero la ínfima producción durante el período propició que se obtuviera este indicador con sólo un trabajo en revistas muy visibles.

Los trabajos sobre ciencias agrícolas y de la alimentación realizados con colaboración internacional, ubicados en el cuadrante superior izquierdo, lograron el tercer mejor índice de visibilidad entre las categorías analizadas (Tabla 18); sin embargo, el bajo índice de internacionalización impidió que esta visibilidad se extendiera a toda la producción del MES en la temática. Las Ciencias Médicas se ubicaron también en el cuadrante, aunque con un mayor volumen de producción científica, un mejor índice de internacionalización y alta calidad relativa.

Las Ciencias Biológicas y la Física y Ciencias del Espacio mostraron alto índice de internacionalización; sin embargo, esto no implicó el aumento del impacto de los artículos. En el caso específico de la Física, incluso disminuyó el índice de calidad relativa de su producción científica, lo cual denota cierto grado de independencia de la colaboración internacional para hacer visibles sus artículos. No obstante, en este comportamiento influye directamente la posición que ocupan en el contexto disciplinar los países con los cuales se colabora, aspecto que se analizará posteriormente con mayor nivel de detalle.

El cuadrante superior derecho, donde se expresa la mayor influencia de la colaboración internacional en la visibilidad y el impacto de los trabajos, fue ocupado por las Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, las Ingenierías y las Ciencias Químicas. La producción científica en Ciencias Químicas alcanzó el volumen más alto de colaboración internacional, donde jugó un papel de suma importancia la investigación llevada a cabo en la UH, principal generador de artículos en la temática (Figura 9).

6.4. Países más colaboradores

Desde la década de 1990, en la colaboración internacional identificada en la producción científica de las instituciones de investigación cubanas comenzó a manifestarse la tendencia a colaborar sostenidamente con países pertenecientes a la región iberoamericana (ARENCEBIA JORGE y ARAUJO RUÍZ, 2004; SANCHO *et al.*, 2006), aunque sin dejar de buscar el contacto con las principales instituciones científicas del mundo.

Durante el período 2004-2006 las instituciones adscritas al MES colaboraron con 51 países pertenecientes a los cinco continentes, de los cuales 20 países fueron de Europa, 17 de América, 9 de Asia y Medio Oriente, 4 de África y 1 de Australia y Oceanía. España (36,3 %), México (19,2 %) y Brasil (14,8 %), constituyeron los países que mayor cantidad de relaciones de colaboración establecieron con instituciones del MES (Tabla 19).

En total, seis países de América Latina se ubicaron entre los más colaboradores con el MES (más de 10 artículos), los cuales constituyen además los seis más productivos de América Latina en el Web de la Ciencia según recientes estudios (SANCHO *et al.*, 2006).

Tabla 19. Indicadores de producción e impacto de los principales países colaboradores con el MES.

		%						%		
	Ndoc	MES	FINP	Ntac	Ptac	ICR	Ndoc cit	Ndoc cit	Ncit	NcitXNdoc
ESP	270	36,3	2,000	55	20,4	112	132	48,9	458	1,696
MEX	143	19,2	1,404	20	14,0	77	50	35,0	123	0,860
BRA	110	14,8	1,600	11	10,0	55	54	49,1	117	1,064
ALE	75	10,1	1,709	14	18,7	103	37	49,3	125	1,667
ITA	41	5,5	1,699	7	17,1	94	19	46,3	76	1,854
UK	36	4,8	2,021	9	25,0	137	14	38,9	53	1,472
USA	29	3,9	2,351	6	20,7	114	12	41,4	57	1,966
BEL	28	3,8	1,808	5	17,9	98	16	57,1	29	1,036
FRA	28	3,8	1,660	4	14,3	78	13	46,4	60	2,143
ARG	25	3,4	1,497	1	4,0	22	12	48,0	63	2,520
CAN	23	3,1	2,356	6	26,1	143	11	47,8	77	3,348
CHL	21	2,8	1,601	2	9,5	52	5	23,8	8	0,381
COL	14	1,9	1,489	3	21,4	118	3	21,4	4	0,286
JAP	13	1,7	3,790	5	38,5	211	10	76,9	67	5,154
FIN	11	1,5	1,184	1	9,1	50	6	54,5	27	2,455
POR	10	1,3	2,019	1	10,0	55	2	20,0	3	0,300
VEN	10	1,3	1,780	1	10,0	55	2	20,0	3	0,300
CRI	9	1,2	1,783	1	11,1	61	3	33,3	3	0,333
PER	7	0,9	2,522	2	28,6	157	5	71,4	26	3,714
BOL	6	0,8	2,046	1	16,7	92	1	16,7	1	0,167
HOL	6	0,8	1,720	1	16,7	92	2	33,3	10	1,667
AUT	5	0,7	0,646	0	0	0	1	20,0	1	0,200
CHN	5	0,7	4,015	3	60,0	330	2	40,0	6	1,200
NOR	5	0,7	5,431	2	40,0	220	2	40,0	23	4,600
RUS	5	0,7	1,695	1	20,0	110	1	20,0	1	0,200
SWI	5	0,7	4,270	3	60,0	330	2	40,0	6	1,200
POL	4	0,5	0,684	0	0	0	4	100	6	1,500
SUE	4	0,5	0,954	0	0	0	2	50,0	4	1,000
CI	743	100	1,861	135	18,2	100	331	44,5	1063	1,431

El análisis de la visibilidad y el impacto de la colaboración de acuerdo con el FINP y el promedio de citas por artículo, permite identificar los países que mayor aporte cualitativo han brindado a las investigaciones del Ministerio (Figura 27). En la figura, se presentan dos cuadrantes cualitativamente superiores; uno cuyo umbral es establecido por el FINP y el promedio de citas recibidos por el total de la producción realizada con presencia de instituciones internacionales, y otro establecido por los valores correspondientes a la producción total del MES.

Japón, Canadá, Estados Unidos, España y el Reino Unido constituyen los países con los cuales se realiza la investigación de mayor impacto. Todos

presentan excelentes índices de calidad con relación a la producción del MES. En el caso de Japón, el 38,5 % de los artículos fueron publicados en revistas de alta calidad, y el 76,9 % recibieron al menos una cita (Tabla 18). Los artículos que más influyeron en esta visibilidad, correspondieron al campo de las Ciencias Médicas, específicamente en el área de las Neurociencias, y fueron desarrollados en colaboración con el CNIC.

Canadá, por su parte, tuvo igualmente su mayor impacto en el área de las Ciencias Médicas, y participó en dos importantes estudios en conjunto con la UH y con participación de importantes Centros del Polo Científico del oeste de Ciudad de La Habana: el primero relacionado con la primera vacuna sintética contra el virus *Haemophilus influenzae* tipo b, desarrollada por investigadores del Centro de Estudios de Antígenos Sintéticos (UH), y el segundo relacionado con el uso del anticuerpo monoclonal hR-3 en el tratamiento contra el cáncer.

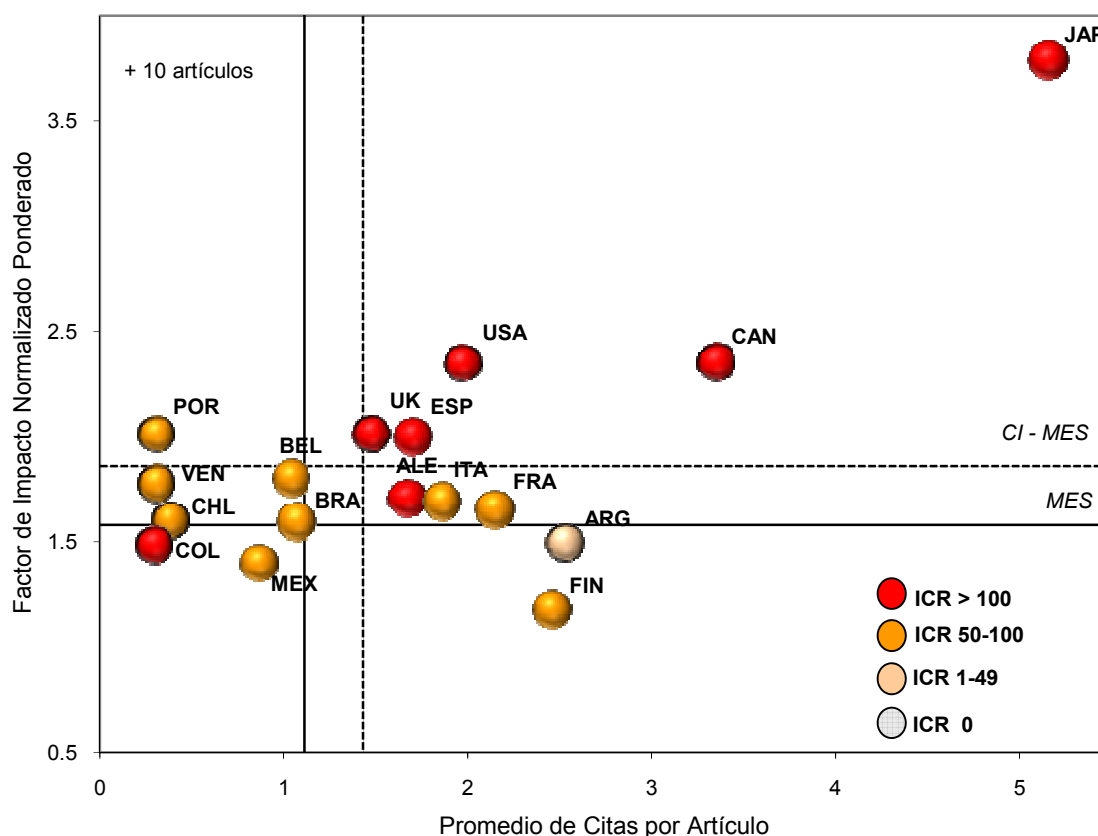


Figura 27. Factor de impacto normalizado ponderado con respecto al promedio de citas por artículo de los trabajos realizados en conjunto con los países más colaboradores durante el período 2004-2006.

La producción científica en conjunto con instituciones de los Estados Unidos fue más diversa. Las Ciencias Biológicas, la Física y Ciencias del Espacio y las Ingenierías fueron los campos temáticos donde se concentró su actividad colaborativa, aunque los trabajos de mayor impacto fueron estudios sobre Neuroimágenes desarrollados conjuntamente con el CNIC y e instituciones japonesas.

Las Ciencias Biológicas y Médicas fueron los tópicos principales en la colaboración con el Reino Unido; mientras que España, el país más colaborador en la producción científica del MES, estuvo presente en todos los campos temáticos estudiados, con una amplia actividad cooperativa en las Ciencias Químicas, en la cual las Instituciones del CSIC fueron protagonistas.

Alemania, Italia y Francia lograron ubicarse en el segundo cuadrante de excelencia en el gráfico. En el caso de Alemania e Italia, al igual que España, tuvieron una mayor incidencia en el campo de las Ciencias Químicas. Francia, por su parte, brindó su mayor aporte en el campo de las Ingenierías. Con Alemania se logró una mayor proporción de trabajos de alta calidad.

Del ámbito latinoamericano, merecen destacarse los trabajos realizados en colaboración con Argentina en el campo de las Ciencias Médicas, con notable cantidad de citas recibidas; así como la posición de Brasil, tercer país más colaborador, con valores muy similares al FINP y el promedio de citas por artículo del MES.

Una segunda perspectiva del impacto de la colaboración internacional, teniendo en cuenta el volumen de la producción científica y la región geográfica de los países colaboradores, y ampliando el número de países a aquellos que poseen como promedio más de un artículo por año, permite identificar otro grupo de países con los cuales se han realizado investigaciones de impacto internacional (Figura 28). La figura representa una red heliocéntrica donde el nodo central es el MES, y los nodos periféricos los países colaboradores. La distancia de los nodos periféricos al nodo central es inversamente proporcional al impacto, de manera que los nodos más cercanos constituyen aquellos países con los cuales la producción científica conjunta posee un mayor FINP. Los círculos concéntricos trazados sobre la red, representan el valor del FINP para la producción total del MES (color verde), y el FINP para la totalidad de

trabajos en colaboración internacional (color rojo), y tienen como objetivo valorar los países que aportan más o menos visibilidad de acuerdo con su pertenencia a cada uno de los círculos o a la periferia, y cuáles se sitúan por encima o por debajo de los umbrales de impacto establecidos.

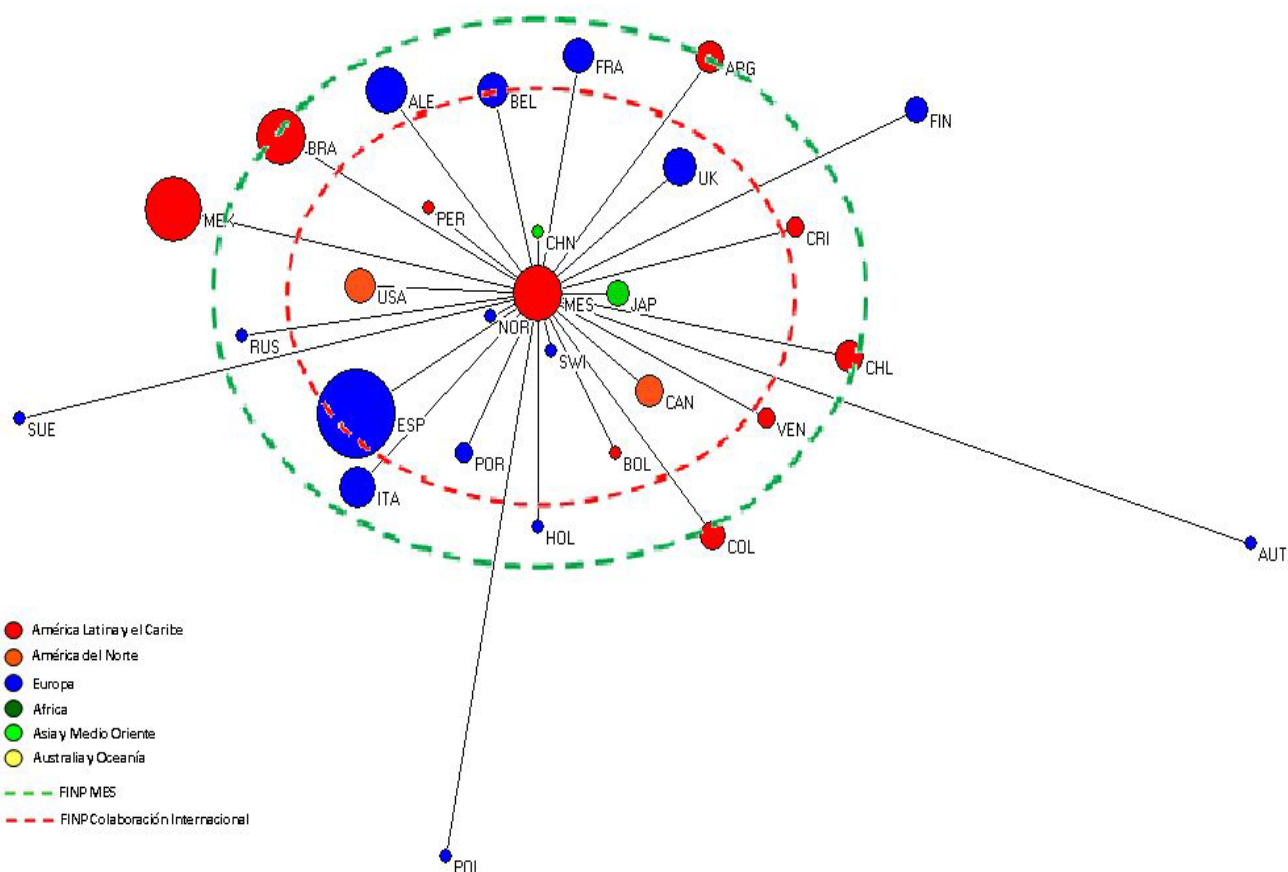


Figura 28. Mapa heliocéntrico del impacto de la producción conjunta del MES con los principales países colaboradores, de acuerdo con el FINP de la colaboración internacional y el FINP de la producción total del MES durante el período 2004-2006 (Pajek).

Entre los países de menor producción con los que se obtiene una alta visibilidad internacional, se destacan Noruega, Suiza y China. La colaboración con Noruega alcanzó su mayor visibilidad en trabajos sobre Física de materiales magnéticos y dieléctricos, especialmente trabajos experimentales sobre avalancha de vórtices realizados por la UH y la Universidad de Oslo, ya

mencionados con anterioridad en el presente estudio. Con Suiza, los trabajos más visibles trataron el uso de celdas fotovoltaicas y paneles solares como sistemas de generación de energía en comunidades rurales, donde participaron la UO y la Universidad de Zurich, entre otras instituciones. La colaboración con China es exclusivamente entre la UNAH y la Universidad de Zhejiang, en trabajos de temática agrícola con un fuerte componente tecnológico.

En el ámbito iberoamericano se destaca la colaboración con Perú y Bolivia, ambos países participantes en un trabajo de gran impacto sobre protección del acero contra la corrosión atmosférica, co-publicado con el CNIC y un total de 10 instituciones de España, México, Ecuador, Panamá, Perú, Costa Rica y Venezuela. La Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), a su vez, fue un importante colaborador de la UCLV en trabajos del área biomédica. Bolivia, por su parte, fue un cercano colaborador del CENSA en trabajos de temática biológica. De igual forma, Portugal tuvo una actividad colaborativa altamente visible, donde se destaca un trabajo de la Universidad de Aveiro y la UMAT sobre delaminación de materiales, así como algunos estudios de Química Analítica realizados por el Laboratorio Agrícola de Madeira en conjunto con el CNIC y el IIIA.

La colaboración con Bélgica, país que ha financiado numerosos proyectos de I+D del MES, se situó en los límites del umbral delimitado por el FINP de la colaboración internacional. Las principales instituciones colaboradoras del Reino de Bélgica fueron las Universidades de Ghent, Leuven y Liege, y el 57 % de los trabajos fue citado al menos en una ocasión.

Costa Rica, Venezuela y Chile, por Latinoamérica, se ubicaron por encima del umbral establecido por el FINP del MES. La Universidad Nacional de Costa Rica, la Universidad de Zulia y la Universidad de Santiago de Chile fueron las instituciones más colaboradoras de estos países.

Rusia y Holanda fueron los otros dos países que estuvieron por encima de este umbral. Colombia se situó muy cerca del mismo, con un alto ICR debido a varios artículos situados en revistas de alto FIN y realizados en colaboración con el CNIC. Con México, a pesar de ser el segundo país más colaborador, no se lograron altos índices de visibilidad. Por último, merece destacarse el caso de Finlandia, con bajo FINP, aunque con el sexto mejor promedio de citas por

artículo entre los países más colaboradores, gracias a varios trabajos sobre desarrollo de fármacos desarrollados por el Instituto de Farmacia y Alimentos de la UH en conjunto con la Universidad de Helsinki y el Instituto de Investigación de Wihuri, entre otras instituciones finlandesas.

6.5. Países más colaboradores por campos temáticos

Las redes heliocéntricas o mapas de vecinos, también fueron empleadas para el análisis de la colaboración internacional en cada campo temático. Los umbrales escogidos fueron el FINP de la producción científica con colaboración internacional y la producción total del MES para cada categoría.

6.5.1. Ciencias Químicas

Un total de 25 países colaboraron con el MES en el campo de las Ciencias Químicas. Los cinco países más colaboradores son a su vez los cinco que más intervienen en la producción total del MES. Sin embargo, la mayor visibilidad se alcanza cuando se colabora con instituciones de España, Brasil e Italia ($\text{FINP} > 2,154$). Con México se alcanzan valores cercanos al FINP del MES ($\text{FINP} = 2,004$), y con Alemania no se obtiene un impacto significativo (Figura 29).

Con España, la máxima visibilidad fue alcanzada por la colaboración de la UH con diferentes grupos de investigación del CSIC, la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad de Santiago de Compostela. No obstante, el artículo más citado del período fue una aproximación al diseño molecular sub-estructural topológico para determinar el coeficiente de permeabilidad de compuestos orgánicos, realizado en colaboración entre la UCLV y la Universidad de Valencia, que es también el trabajo más citado en todo el campo.

La UH, la UCLV y la UO son las instituciones que más colaboran con instituciones brasileñas, especialmente con la Universidad Estadual de Campiñas, la Universidad de Sao Paulo, la Universidad Federal de Sao Carlos en Sao Paulo, y la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro. La colaboración de esta última con la UO es estudios sobre materiales ferroeléctricos y sus propiedades, fueron los que mayor visibilidad alcanzaron.

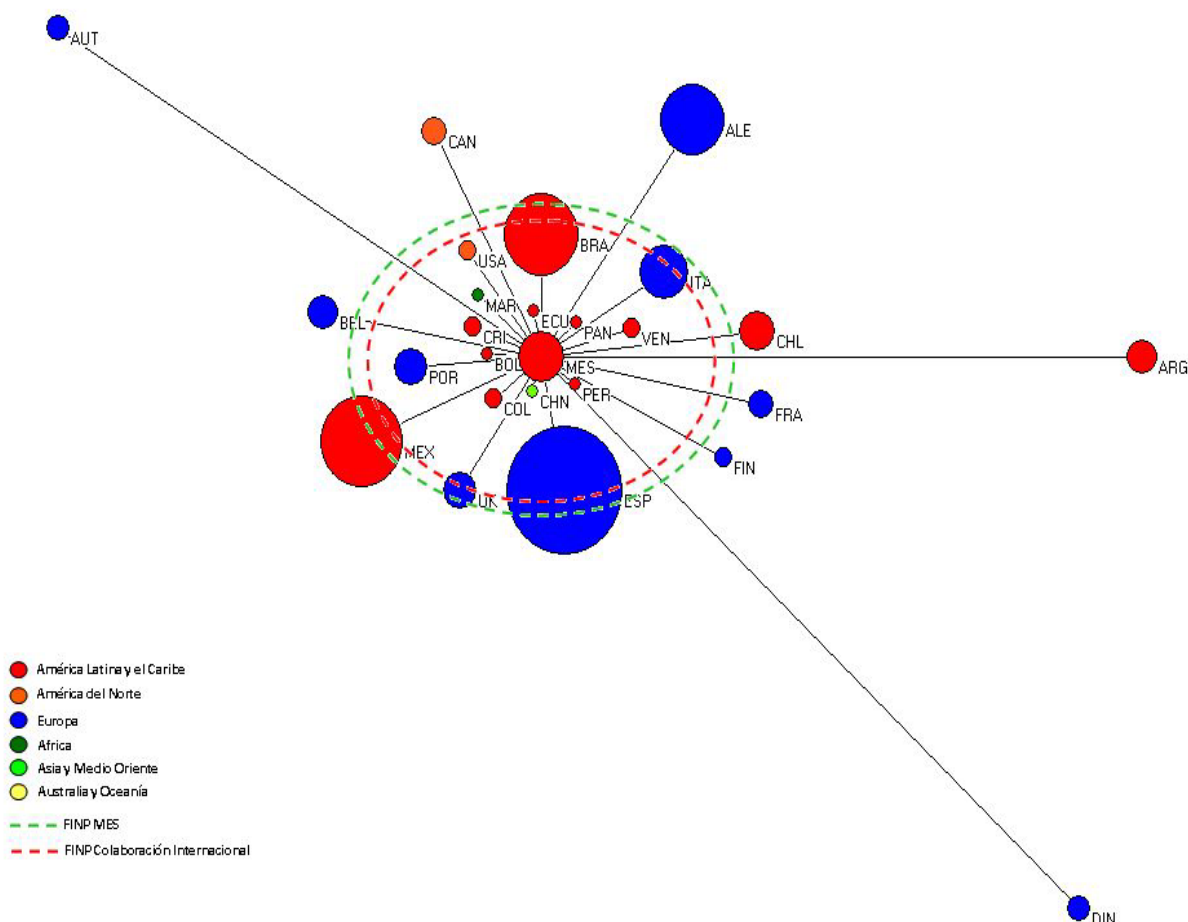


Figura 29. Mapa heliocéntrico del impacto de la producción conjunta del MES con los principales países colaboradores en Ciencias Químicas.

Italia estableció relaciones principalmente con la UH. El Consejo Nacional para la Investigación, y las universidades de Salerno, Sassari y Siena constituyeron las instituciones más colaboradoras. La colaboración existente entre la Universidad de Salerno y el Instituto de Farmacia y Alimentos (IFAL) de la UH, principalmente la relacionada con el estudio y determinación de propiedades del propóleo cubano, alcanzó la mayor visibilidad e impacto.

Un estudio multinacional sobre la protección anticorrosiva del acero en condiciones tropicales, publicado en una revista con alto FIN, propició que un grupo de países con poca producción se colocara en una posición privilegiada en el grafo. Portugal, cuya producción en Ciencias Químicas fue descrita en el epígrafe anterior, estuvo también entre los países que aportaron visibilidad a la

producción científica del MES. El Reino Unido se quedó por debajo del umbral de la colaboración internacional, aunque por encima del FINP del MES.

De la colaboración con el resto de los países con poca visibilidad, merece destacarse un trabajo teórico sobre propiedades analíticas de los ensayos enzimáticos heterogéneos, desarrollado por el Centro de Estudios de Proteínas de la UH y la Universidad de Santiago de Chile.

6.5.2. Ciencias Médicas

De los 26 países colaboradores en el campo de las Ciencias Médicas, España, Alemania, Brasil, Italia, el Reino Unido y México fueron los más productivos. De ellos, sólo Alemania y el Reino Unido mostraron valores de FINP por encima de la colaboración internacional (FINP=2,628). Además de estos dos países, Japón, Estados Unidos y Canadá constituyeron los principales socios científicos. De esta forma, la cooperación con países desarrollados influye notablemente en el impacto alcanzado por la producción científica del MES en este campo (Figura 30).

La colaboración con mayor visibilidad internacional desarrollada por Japón, Estados Unidos y Canadá, tuvo en el CNIC la institución del MES con mayor papel protagónico. No obstante, los dos trabajos más citados fueron dos trabajos con participación de la UH e instituciones canadienses: el estudio sobre la primera vacuna sintética contra el virus *Haemophilus Influenzae* tipo b, y el uso del anticuerpo monoclonal hR-3 en el tratamiento contra el cáncer.

La UH, el CENSA y el CNIC fueron las instituciones con las que más colaboró el Reino Unido durante el período. Los trabajos sobre Neurociencias fueron los más visibles, aunque los realizados conjuntamente con el IFAL y el Centro de Antígenos Sintéticos (CEAS), ambos pertenecientes a la UH, recibieron una buena cantidad de citas.

Alemania colaboró con el Centro de Investigaciones del Ozono y el Centro de Neurociencias de Cuba, ambas entidades del CNIC, y con el IFAL, en investigaciones relacionadas con neuroimágenes y aplicaciones terapéuticas del Ozono.

España, Bélgica y Francia por Europa, y Argentina, México y Perú por América Latina, sobrepasaron el umbral trazado por el FINP del MES (FINP=2,031). Las

universidades de Santiago de Compostela, Valencia y Vigo, constituyeron las instituciones españolas más colaboradoras, principalmente en trabajos sobre modelación molecular de compuestos terapéuticos realizados en conjunto con la UCLV y con un alto promedio de citas por artículo, en los cuales también participaron instituciones belgas, francesas, argentinas, mexicanas, italianas y brasileñas.

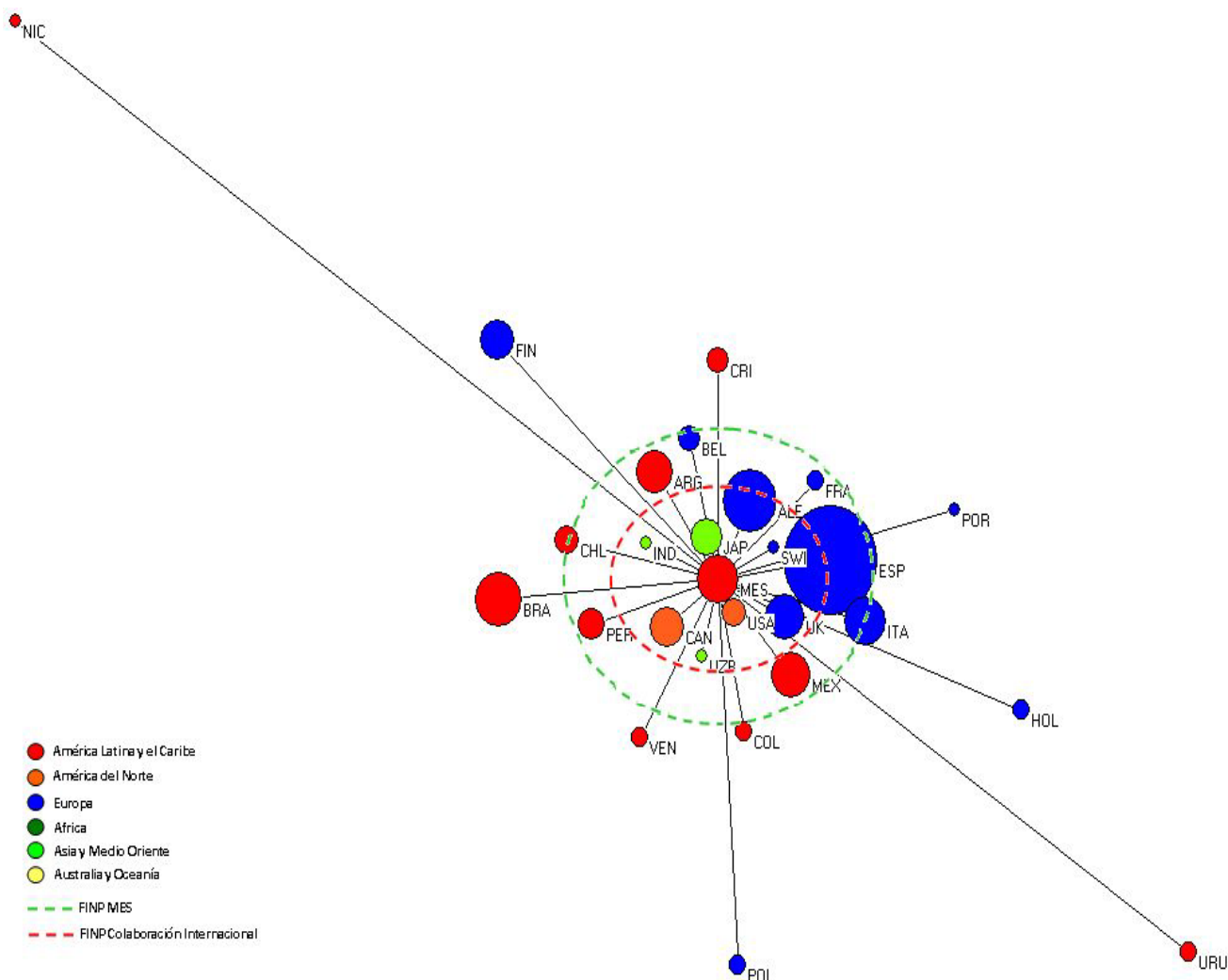


Figura 30. Mapa heliocéntrico del impacto de la producción conjunta del MES con los principales países colaboradores en Ciencias Médicas.

Del resto de los países que no alcanzan los umbrales de visibilidad promedio, merece destacarse la colaboración de la Universidad de Sao Paulo y la Universidad Estadual de Campiñas, ambas de Brasil, con el Centro de Química Farmacéutica y la UCAM, en el estudio de la propiedades terapéuticas del

extracto de *Manguifera Indica L.* (VIMANG), trabajos que recibieron un buen número de citas durante el período.

6.5.3. Ciencias Biológicas

En Ciencias Biológicas, el FINP del MES (1,103) y el de la colaboración internacional (1.116) se encuentran muy cercanos entre sí, por lo que la colaboración internacional, a pesar de constituir más del 65 % del total de artículos cubiertos por el campo temático, influyó muy discretamente en el incremento de la visibilidad. De hecho, el 60 % de los trabajos de alta calidad ($FIN \geq 3,000$) fueron realizados sin la presencia de instituciones foráneas. No obstante, fue el área donde estuvieron presentes la mayor cantidad de países (31).

España, México, Alemania y el Reino Unido fueron los más colaboradores; sin embargo, sólo con el Reino Unido se obtuvo una visibilidad por encima del umbral internacional (Figura 31). El trabajo más importante desarrollado con la colaboración británica, constituyó un estudio del Fago CTX Φ , que codifica genéticamente la enterotoxina del cólera, principal determinante de la patogenicidad del virus. El mismo fue realizado por especialistas de los centros nacionales de investigaciones científicas de Francia y Cuba, conjuntamente con la Universidad de Oxford, y además de aparecer en la revista de mayor FIN, recibió el mayor número de citas.

Estados Unidos, Francia y Canadá fueron los países que aportaron mayor visibilidad. La producción con Estados Unidos tiene entre sus más importantes trabajos un estudio sobre la invasión de gusanos de tierra en zonas tropicales, realizado por la Facultad de Biología de la UH y con participación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), y las universidades de Georgia y Puerto Rico. El trabajo que recibió más citas fue realizado por investigadores de la UPR, la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en México, y la Universidad de Oregon, y consistió en la clasificación a través de secuencias de ADN de 101 variedades de Pino.

El trabajo más visible realizado con la colaboración de Francia fue el ya mencionado estudio sobre la enterotoxina del cólera; y en el caso de Canadá, fue un estudio de la influencia de condiciones estresantes, como la

contaminación del agua, en el apareamiento de comunidades de peces al norte de la Bahía de La Habana, trabajo realizado por el Centro de Investigaciones Marinas de la UH.

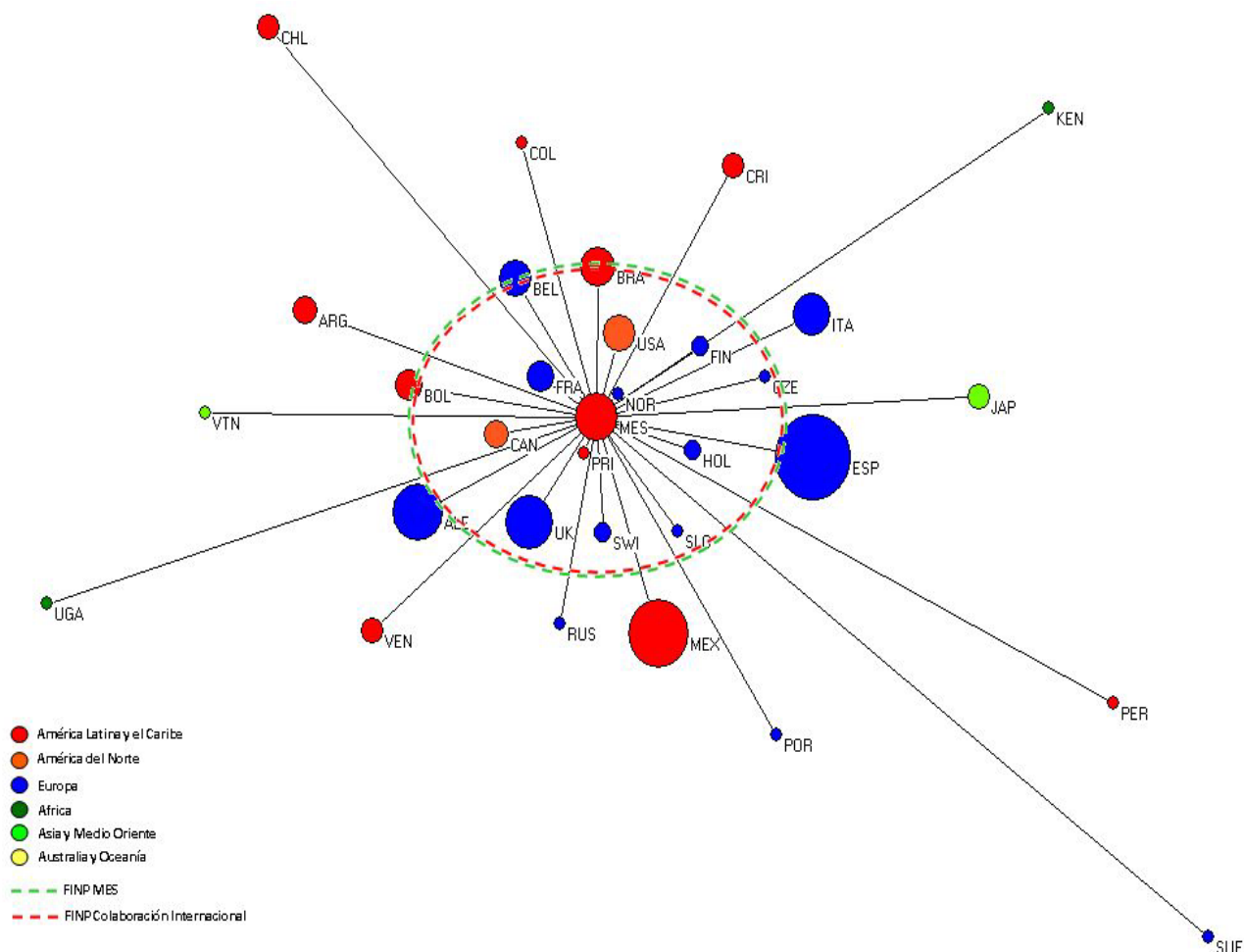


Figura 31. Mapa heliocéntrico del impacto de la producción conjunta del MES con los principales países colaboradores en Ciencias Biológicas.

Países como Holanda, Finlandia, Suiza y Eslovenia se encuentran en el círculo más visible, con trabajos sobre filogenética, biología molecular y botánica. El trabajo de mayor visibilidad de todo el campo temático, fue un estudio experimental que sugiere patrones de comportamiento similar entre hormigas y humanos cuando son inducidos a escapar bajo situaciones de pánico, desarrollado por la Facultad de Física de la UH con la colaboración de la Universidad de Oslo, Noruega.

Del resto de los países, merecen destacarse un estudio sobre el desarrollo, supervivencia, calidad y actividad enzimática digestiva de la larva de camarón, realizado por el Centro de Investigaciones Marinas de la UH y varias instituciones mexicanas; así como un estudio realizado por el INCA con el Centro de Edafología y Biología Aplicada de Segura, España, sobre los efectos del aerosol marino en plantas.

6.5.4. Agricultura y Ciencias de la Alimentación

En el campo de las Ciencias Agrícolas, solamente el 18,3 % de la producción científica fue realizada con la participación de instituciones de investigación de 13 países. Sin embargo, esta proporción de artículos fue publicada en revistas de alta visibilidad, por lo que el umbral de la colaboración internacional (FINP=2,578) estuvo muy por encima del de la producción total del MES en la temática (FINP=1,225).

Un total de ocho países participaron en artículos con alta visibilidad (Figura 32). España, China y Bélgica fueron los más productivos dentro de este grupo. La Universidad de Ghent y la Universidad Libre de Bruselas colaboraron con la UNAH y desarrollaron los dos trabajos más visibles de la temática, ambos sobre el estudio de terrenos agrícolas. La relación entre la Universidad Autónoma de Barcelona y la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, perteneciente a la UMAT, caracterizó la producción científica más visible realizada en colaboración con España. Por su parte, la utilización de técnicas analíticas para determinar la acidez de variedades de mandarina, o evaluar la maduración del tomate, fueron temas muy visibles desarrollados por la UNAH y la Universidad de Zhejiang, en China.

Otro de los trabajos más visibles estuvo relacionado con la evaluación de seis compuestos antihelmínticos en diferentes razas de ganado, y fue implementado por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey” con la colaboración de los respectivos institutos nacionales de investigaciones agronómicas de la isla de Guadalupe y de Francia.

Especialistas del INCA colaboraron con la UNAM y la Academia de Ciencias de Rusia en un estudio sobre la diversidad y propiedades de los suelos en áreas subtropicales montañosas; y con la Universidad de Sydney e instituciones de la

India y México en un trabajo experimental que analizó estadísticamente patrones de respuesta de diversas variables agrícolas.

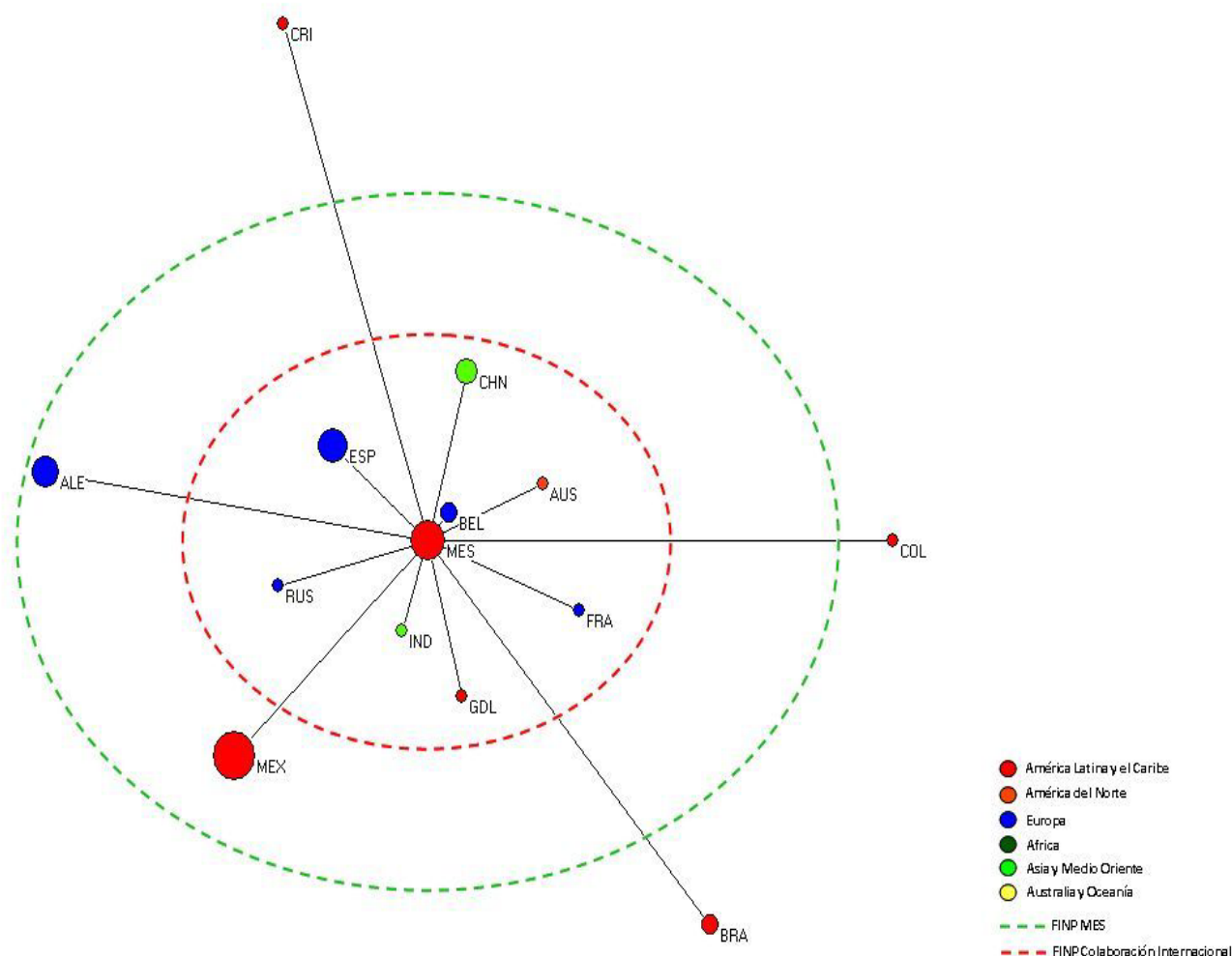


Figura 32. Mapa heliocéntrico del impacto de la producción conjunta del MES con los principales países colaboradores en Agricultura y Ciencias de la Alimentación.

México y Alemania estuvieron por encima del umbral de visibilidad de la producción del MES. Además de los dos trabajos antes mencionados, en la colaboración con México se destacó un trabajo que caracterizó 39 genotipos de la Piña (*Ananas comosus* L.), realizado por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el INIFAP, con participación de la UNICA. Con la universidad alemana de Rostock, los investigadores del ICA trabajaron en conjunto para medir el

rendimiento de un sistema de drenaje de suelos arcillosos bajo monocultivo de la caña de azúcar.

En sentido general, los niveles de citación fueron muy bajos, y ninguno de los 33 artículos sobre Agricultura y Alimentación realizados con participación de instituciones internacionales recibió más de tres citas.

6.5.5. Física y Ciencias del Espacio

Brasil, España y México fueron los países más colaboradores dentro de la Física y las Ciencias del Espacio (Figura 33). De un total de 24 países, un total de 13 tuvieron valores de FINP por encima del FINP de la colaboración internacional (1,190). En ese sentido, hay que destacar que el FINP de la producción del MES (1,196) fue mayor que el de la colaboración internacional; si se tiene en cuenta que la proporción de artículos con presencia foránea en el campo fue del 86,4 %, es evidente que los mismos no potenciaron la visibilidad y el impacto de la producción científica del Ministerio con la intensidad esperada.

El IPN y la UNAM, por México; la Universidad de Sao Paulo, la Universidad Estadual de Campiñas, la Universidad Federal de Sao Carlos, y la Universidad Federal de Río de Janeiro, por Brasil; y el CSIC y la Universidad Autónoma de Madrid, por España; y la Universidad de Stuttgart por Alemania, constituyeron las instituciones más colaboradoras en el campo.

Solamente cinco artículos tuvieron un FIN mayor que 3,000, y siete recibieron más de una cita por año como promedio. Noruega, el Reino Unido, Chile, España y Argentina fueron los países con los que se logró mayor visibilidad.

La colaboración descrita en epígrafes anteriores entre Noruega y la UH, donde también participaron instituciones de Estados Unidos, Israel y China, así como los trabajos de Física teórica desarrollados por la UCLV conjuntamente con la Universidad Euskal Herriko de España, la Universidad de Portsmouth en el Reino Unido y la Universidad de Buenos Aires en Argentina; fueron los que tuvieron mayor impacto.

De igual forma, trabajos en colaboración entre la universidad de Bremen (Alemania) y la UH, y entre la UPR y la Universidad de Guanajuato (México), fueron publicados en revistas de alto factor de impacto.

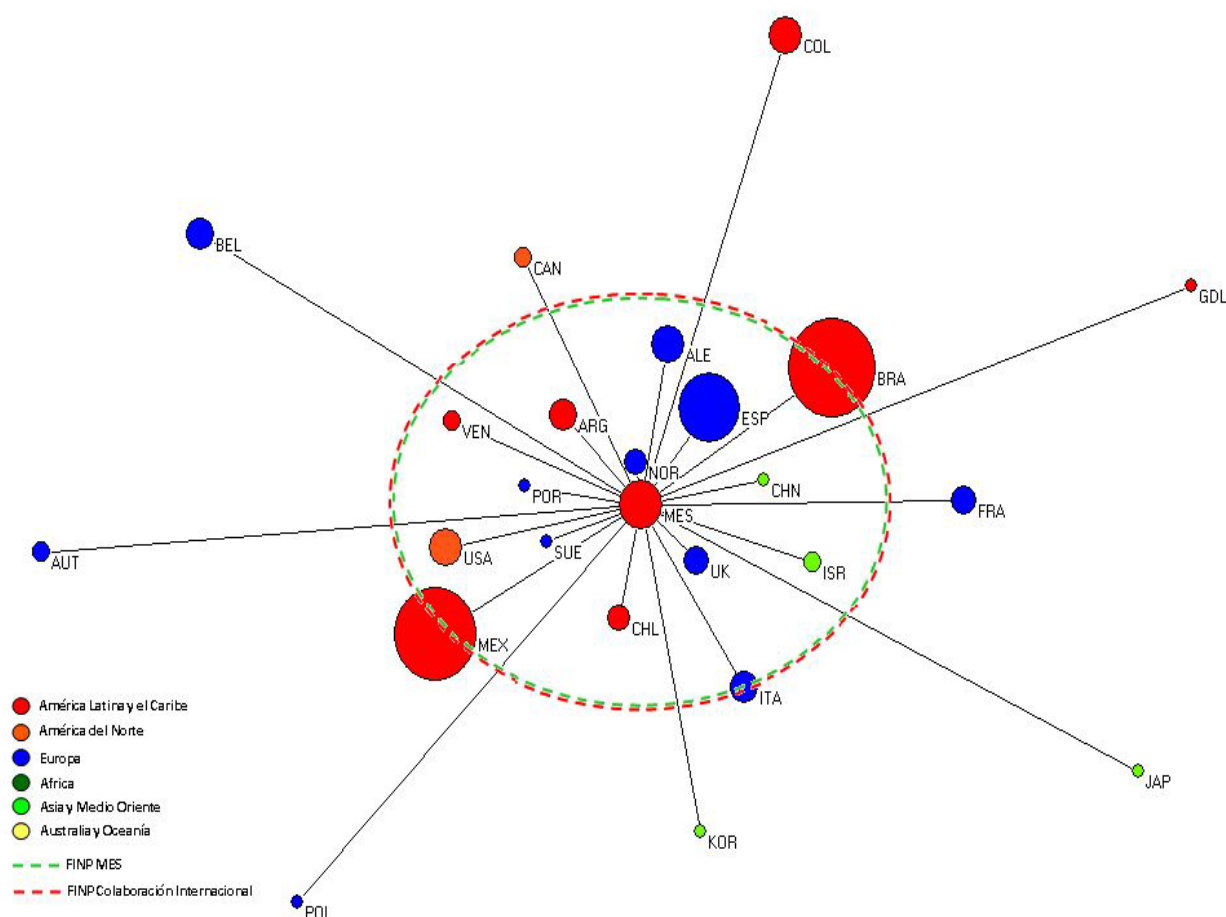


Figura 33. Mapa heliocéntrico del impacto de la producción conjunta del MES con los principales países colaboradores en Física y Ciencias del Espacio.

6.5.6. Ingenierías

Un total de 18 países participaron en la producción científica del MES en el campo de las Ingenierías. España, México, Francia, Brasil y Estados Unidos fueron los más productivos; sin embargo, con ninguno de ellos se logró una visibilidad por encima de los umbrales establecidos por el FINP de la colaboración internacional (1,993) y del MES (1,950).

Suiza, con dos trabajos sobre sistemas de energía solar desarrollados por la UO y la Universidad de Zurich; Alemania, con un trabajo sobre emisiones otoacústicas realizado por la Universidad de Frankfurt y la Facultad de Biología de la UH; y Canadá, con participación en un trabajo sobre la corrosión de

materiales de cobre en climas tropicales, desarrollado por la Universidad de Waterloo, el Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET), la UH y el CNIC; fueron los tres países que mayor visibilidad aportaron a los artículos del MES en la temática (Figura 34).

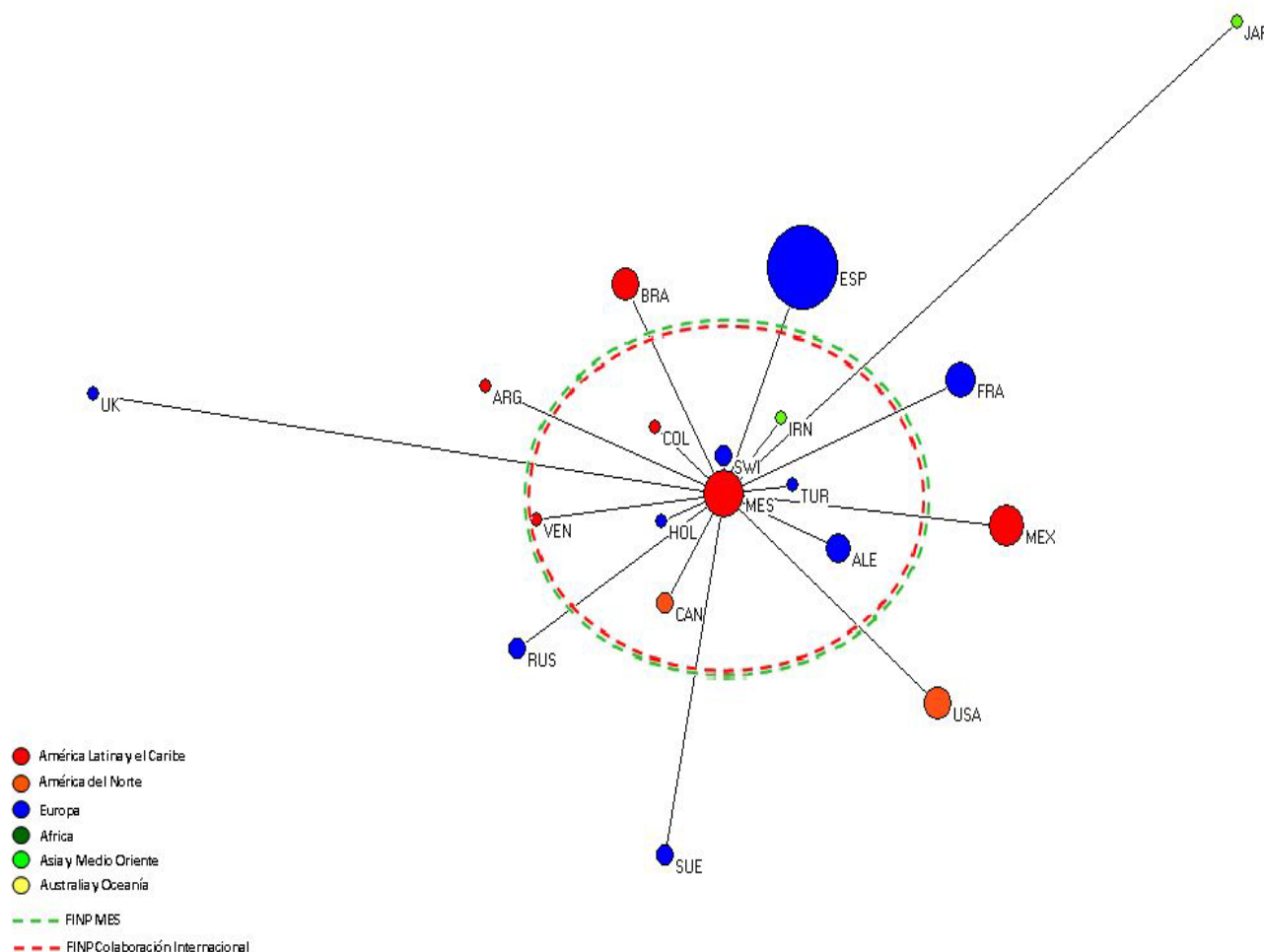


Figura 34. Mapa heliocéntrico del impacto de la producción conjunta del MES con los principales países colaboradores en Ingenierías.

Relaciones de colaboración entre la UH e instituciones de Turquía y Holanda, entre el CNIC e instituciones colombianas, entre la UCAM e instituciones iraníes y brasileñas, y entre la CUJAE y la Universidad de Los Andes (Venezuela), también presentaron altos valores de FINP.

Del resto de los países, resalta un trabajo de la Universidad Española de Lleida con la UHOLM sobre la transportación de la caña de azúcar en Cuba; otro del IPN con participación de la UH, el CNIC y el CITMA sobre el fenómeno de la

corrosión; y un estudio sobre nanopartículas de ZnO desarrollado por la Universidad de Oviedo y la UCF.

Solamente un trabajo, realizado por la Universidad de Sabanci (Turquía), con la colaboración de la Facultad de Matemática de la UH y las universidades holandesas de Rotterdam y Twente, obtuvo más de tres citas durante el periodo.

6.5.7. Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información

Sólo nueve países colaboraron con el MES en el campo de las Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información, los cuales participaron en el 37,3 % de los artículos comprendidos en el campo (Figura 35).

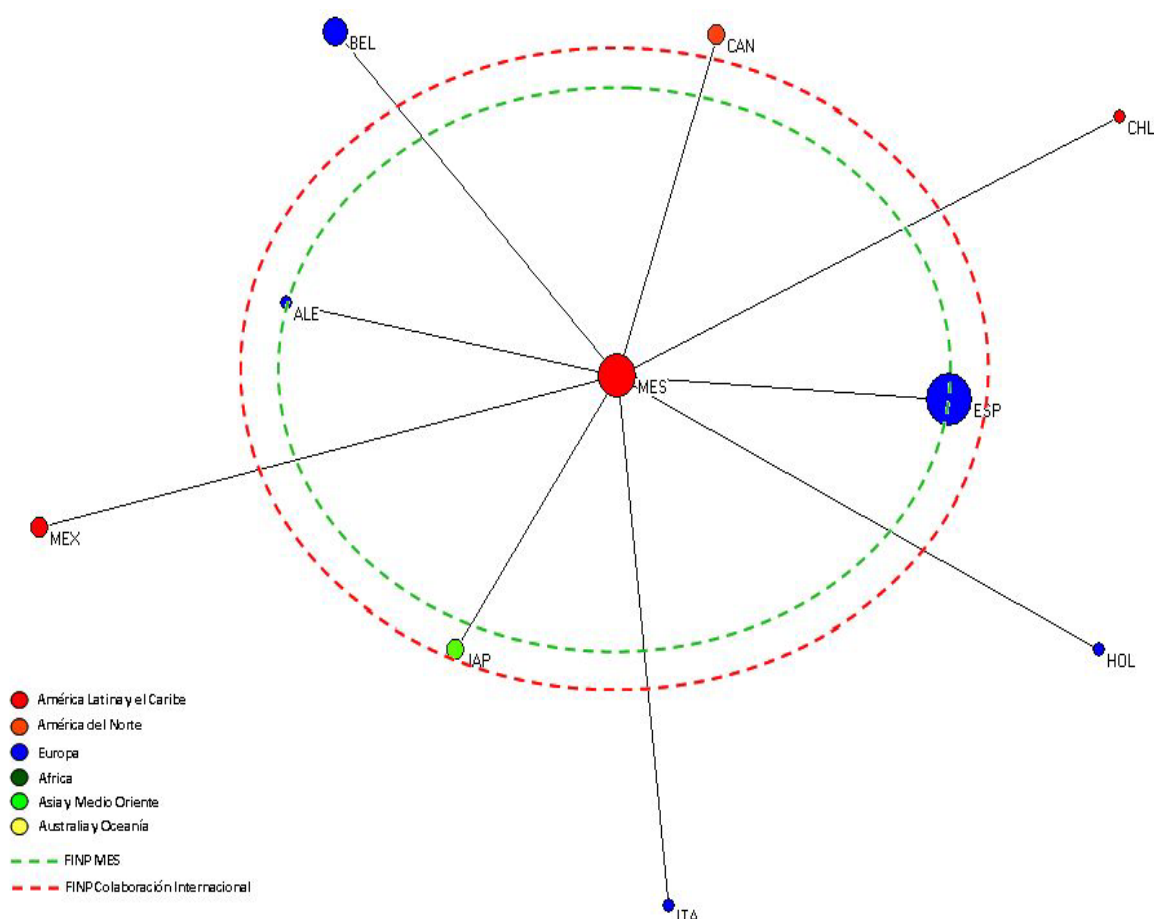


Figura 35. Mapa heliocéntrico del impacto de la producción conjunta del MES con los principales países colaboradores en Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información.

España y Bélgica fueron los países más colaboradores, y sólo España, Alemania y Japón estuvieron por encima del umbral de la colaboración internacional.

La producción total del MES (FINP=0,730) tuvo más visibilidad que la colaboración internacional (FINP=0,668), por lo que al igual que en la Física y las Ciencias del Espacio, la producción científica nacional desarrolló trabajos con mayor calidad relativa.

Solamente un trabajo mostró un FIN por encima de 3,000, y consistió en el diseño de un sistema inteligente basado en ontologías para la captación de empleados, desarrollado por la Universidad de Murcia y la UHOLM. Y el artículo más citado fue un estudio aplicado de la UCLV con participación de la UCAM y la Universidad de Santiago de Compostela, que presentó la metodología para el diseño molecular sub-estructural topológico de fármacos antibacterianos asistido por computadora. La aplicación de esta metodología en estudios pertenecientes a diferentes disciplinas científicas, ha sido uno de las líneas de investigación de mayor impacto en la UCLV.

6.5.8. Matemática y Estadística

El 44,8 % de la producción científica sobre Matemática y Estadística se realizó con participación de instituciones internacionales, con un valor de FINP (1,508) ligeramente inferior al de la producción científica del MES (1,527).

Seis países colaboraron con las instituciones del MES, aunque la mayor cantidad de artículos fue realizada con España y Francia. No obstante, sólo España y Portugal rebasaron el umbral establecido para la colaboración internacional.

La colaboración de la UCLV con las universidades de Vigo y Santiago de Compostela, uno de ellos con participación de la Universidad de Porto (Portugal), en trabajos sobre aplicación de modelos matemáticos a procesos biológicos, fue la que alcanzó mayor visibilidad, aunque en sentido general, ningún trabajo alcanzó la máxima categoría cualitativa de acuerdo con el FIN.

Merecen destacarse, además, dos trabajos realizados por la Facultad de Matemática y Computación de la UH y la Universidad Carlos III de Madrid sobre polinomiales extremos en planos complejos.

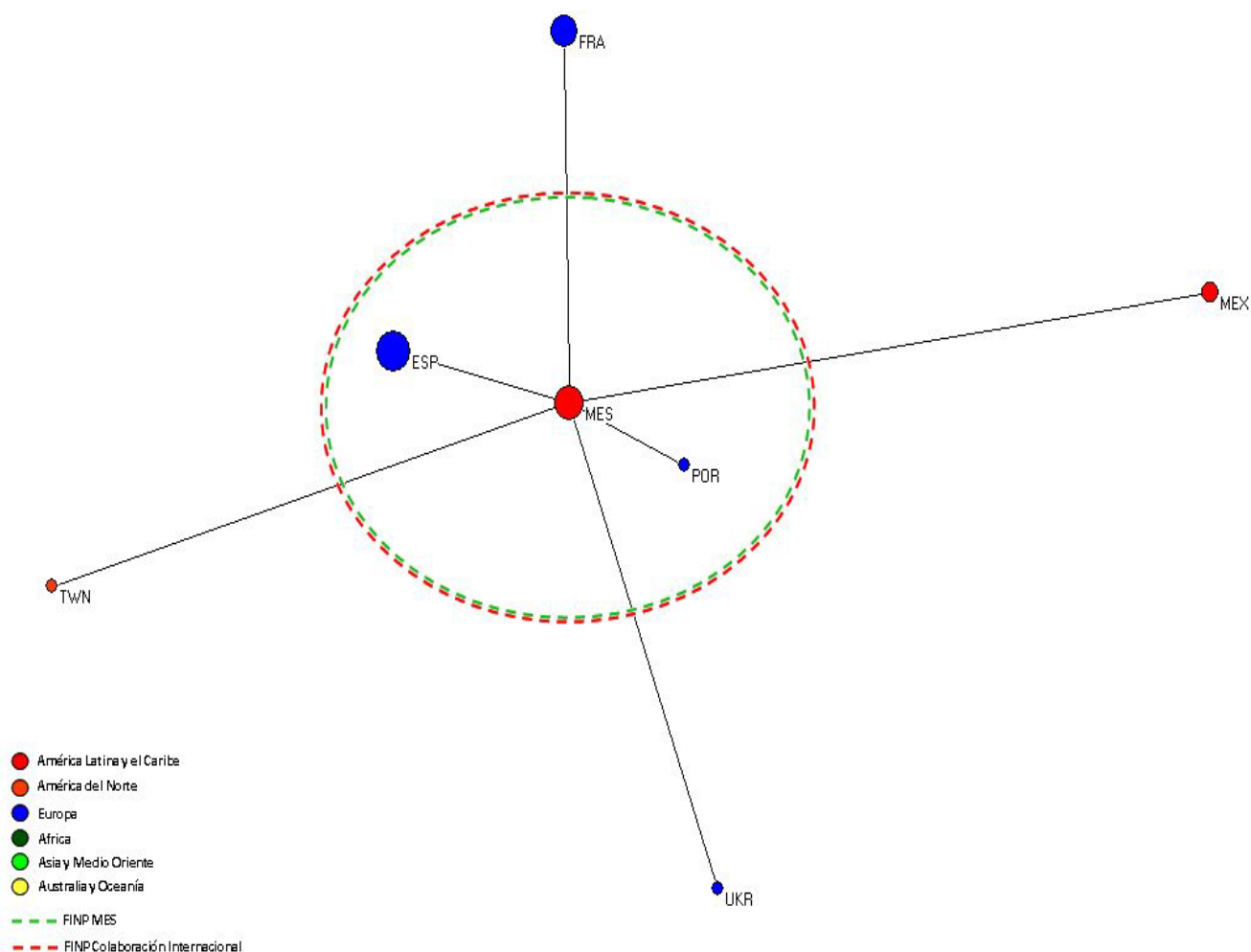


Figura 36. Mapa heliocéntrico del impacto de la producción conjunta del MES con los principales países colaboradores en Matemática y Estadística.

6.5.9. Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente

La producción científica en Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente tuvo un alto porcentaje de artículos con participación de instituciones internacionales (73,9%), que aportó gran visibilidad a la producción total del MES en la temática. El FINP de la colaboración internacional alcanzó al valor más alto entre todas los campos temáticos (2,978), al igual que el FINP de la producción del MES (2,549).

Un total de ocho países colaboraron con instituciones del Ministerio. España y México fueron los más productivos, aunque los primeros aportaron mayor visibilidad a las investigaciones. Las instituciones del CSIC, y las universidades

de La Laguna, Almería, Barcelona y Granada fueron las más colaboradoras por España (Figura 37).

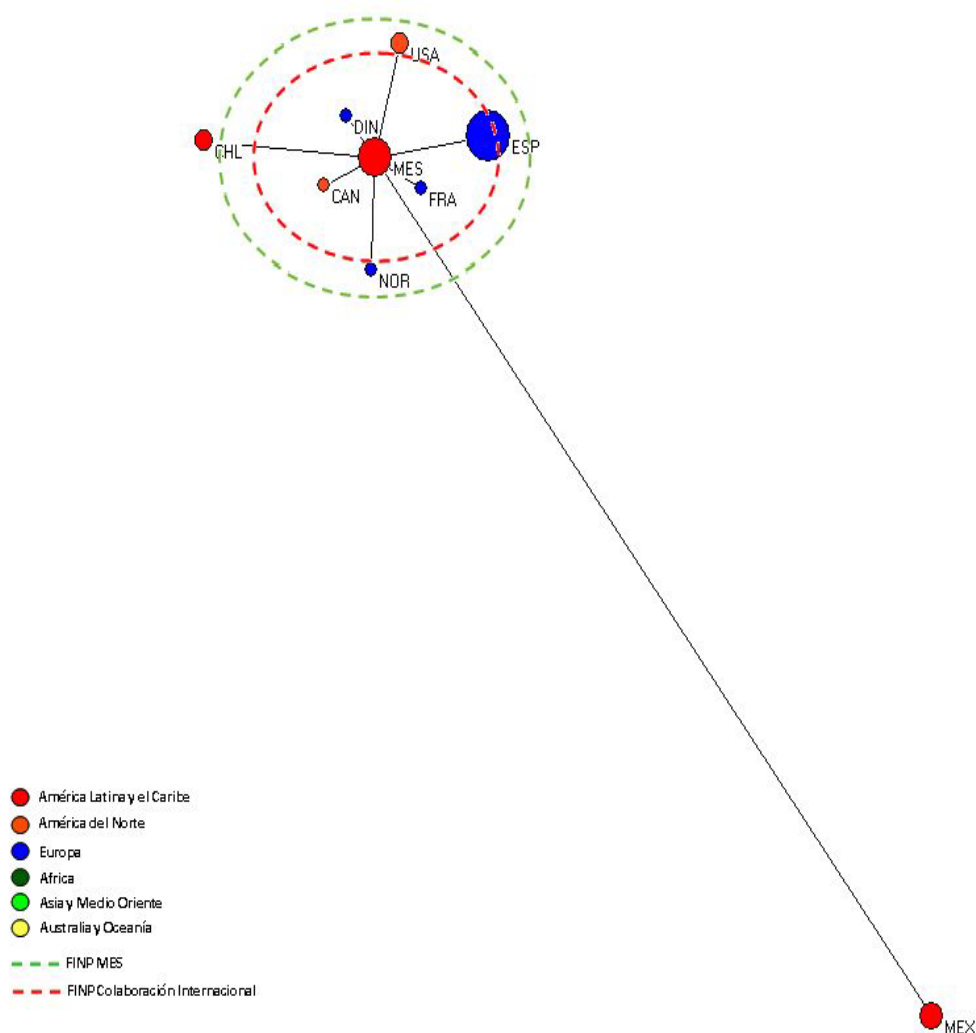


Figura 37. Mapa heliocéntrico del impacto de la producción conjunta del MES con los principales países colaboradores en Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente.

Seis trabajos fueron publicados en revistas de alta calidad. España, Canadá, Francia y Dinamarca fueron los únicos países que sobrepasaron el umbral de la colaboración internacional. Estados Unidos y Noruega superaron el FINP del MES.

La UPR colaboró con la Universidad de Málaga y la Universidad de Castilla La Mancha, ambas españolas, en dos trabajos de gran impacto sobre gestión y protección de áreas forestales. En la temática forestal y medio ambiental,

también sobresalió un estudio del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Segura del CSIC y el INCA.

La Universidad de Granada y el ISMMM colaboraron en dos estudios de mineralogía realizados en el macizo montañoso Mayarí-Baracoa, en los cuales participaron instituciones de varios países, como las universidades de Copenhagen (Dinamarca), Standford (Estados Unidos), Barcelona (España) y Montpellier (Francia). Por su parte, la Universidad de Toronto y el Centro de Investigaciones Hidráulicas de la CUJAE participaron en un trabajo sobre degradación de contaminantes publicado en una de las principales revistas de su correspondiente categoría temática del ISI.

Otros trabajos con alta visibilidad sobre tratamiento de residuales acuáticos fueron realizados por el Centro de Investigaciones Hidráulicas y el Centro de Tecnologías y Energías Renovables de la CUJAE, en colaboración con la Universidad de Ciencias de la Vida de Noruega, la Universidad Técnica Federico Santamaría de Chile, y la Universidad de Valladolid.

Solamente seis trabajos fueron citados en el campo, y ninguno de ellos recibió más de tres citas.

6.5.10. Ciencias Sociales y Humanidades

Finalmente, en la producción científica del MES en Ciencias Sociales y Humanidades, donde el 45,5 % de los artículos fue realizado con colaboración foránea, intervinieron siete países, de los cuales sólo Estados Unidos participó en más de un trabajo.

Si bien el FINP del MES en el campo temático fue el más bajo de todos (0,543), el FINP de la colaboración internacional (1,159) permite deducir la importancia que tuvo la cooperación con diversos países para elevar la visibilidad de la producción científica del MES. No obstante, como ya se planteó en capítulos anteriores, la escasa producción científica en la temática resta objetividad a cualquier análisis cualitativo que se pretenda realizar del volumen total de la producción en el campo.

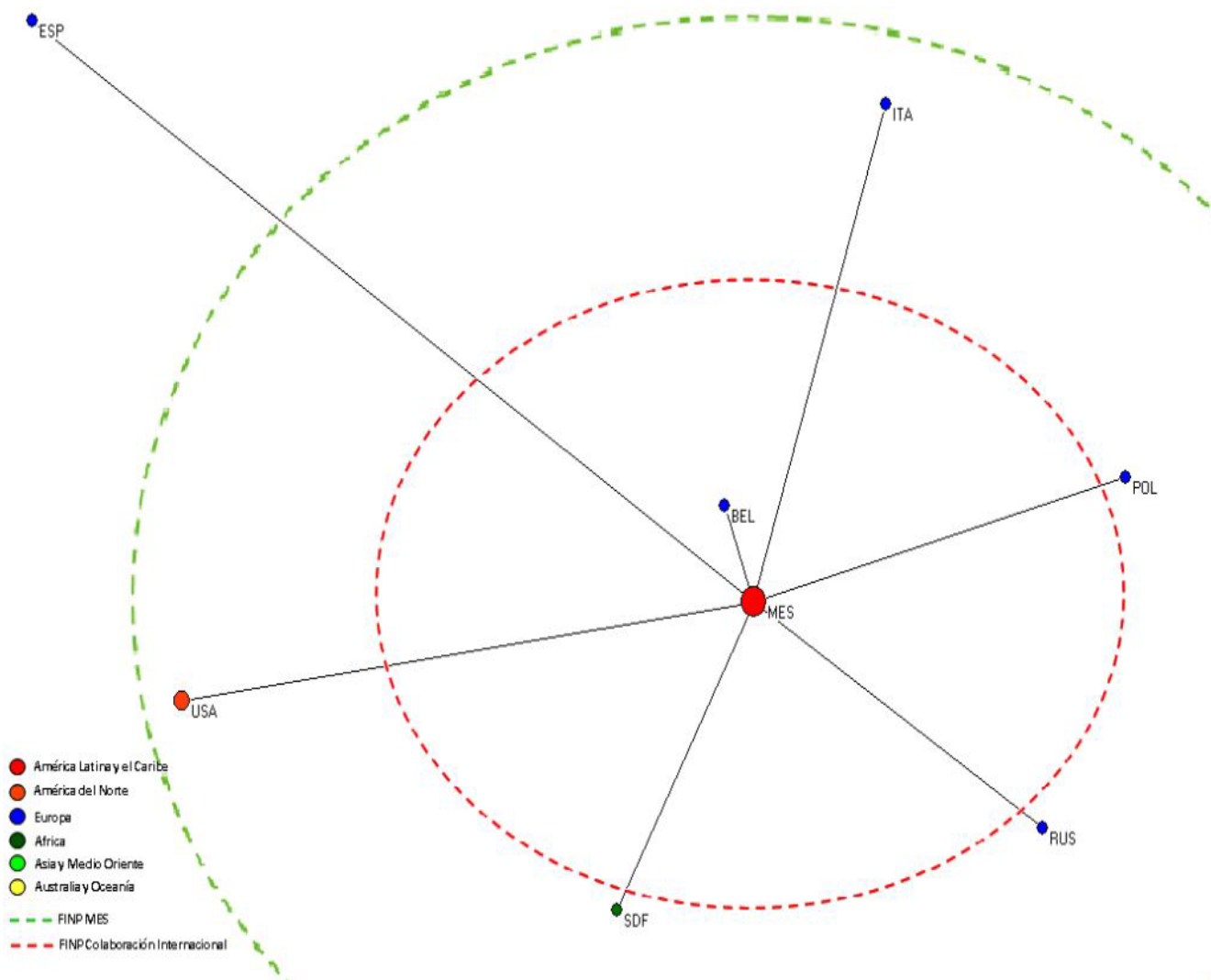


Figura 38. Mapa heliocéntrico del impacto de la producción conjunta del MES con los principales países colaboradores en Ciencias Sociales y Humanidades.

Solamente un trabajo realizado por especialistas del CNIC, el MES y la Universidad de Ghent (Bélgica) fue publicado en revistas con alto FIN. Y el único trabajo citado durante el período, fue un estudio antropológico multinacional, llevado a cabo por investigadores del Museo Antropológico “Jesús Montané” de la UH, con participación de las universidades norteamericanas de Michigan y Texas, la Universidad “Adam Mickiewicz” de Poznan (Polonia), y en Instituto de arqueología de la Academia de Ciencias de Rusia.

6.6. Consideraciones finales

De manera general, la producción científica del MES se caracterizó por poseer un alto porcentaje de artículos realizados en colaboración internacional, lo cual ha influido en mayor o menor medida en el impacto de las investigaciones y en la proyección internacional de sus investigadores e instituciones.

La incidencia de la colaboración internacional en la visibilidad e impacto internacional de la investigación del MES se ha puesto de manifiesto claramente en las Ciencias Químicas, las Ciencias Médicas, las Ciencias de la Tierra, las Ciencias Agrícolas, las Ingenierías, y en cierta medida, en las Ciencias Sociales y Humanidades y las Ciencias Biológicas. No ha sido así en el caso de las Ciencias de la Computación, la Matemática y la Estadística y la Física y las Ciencias del Espacio.

Las Ciencias de la Computación y las Tecnologías de la Información, de rápido crecimiento y desarrollo en el país durante los últimos años, en la práctica, generan aplicaciones de extraordinaria importancia para otros campos temáticos, que son publicadas en revistas pertenecientes a los mismos. En el presente estudio, este aspecto se ha puesto de manifiesto principalmente en trabajos desarrollados por la UCLV, la UMAT y la UCF, orientados hacia la bioinformática y con amplio nivel de aplicación en las Ciencias Químicas y Biomédicas. Lo mismo ocurre con la Matemática y la Estadística, pues los investigadores en estas disciplinas forman parte de equipos de investigación multidisciplinarios que brindan aportes en diversas áreas del conocimiento.

El caso de la Física y las Ciencias del Espacio tiene un comportamiento atípico, puesto que constituye un campo temático con alto nivel de citaciones internacionalmente, y donde la colaboración internacional generalmente incide positivamente en el impacto de los trabajos (KIM, M. J., 2001; VOGEL, 1997). Todo parece indicar que a pesar del alto índice de internacionalización y la alta producción del MES en la disciplina, durante los tres años evaluados no se han podido colocar una buena cantidad de artículos en las mejores revistas de las diferentes categorías ISI dedicadas a las Ciencias Físicas.

Aunque se hace necesario un análisis más a fondo de este fenómeno, la intensificación de las relaciones de colaboración con aquellos países que más

visibilidad aportan a la investigación, y la búsqueda de canales de comunicación más visibles para los resultados obtenidos en colaboración con instituciones de países en desarrollo, pudieran tenerse en cuenta como estrategias necesarias para alcanzar un mayor impacto de la actividad científica del MES sobre la comunidad científica internacional, no sólo en el terreno de la Física, sino en todos los campos comprendidos en el presente estudio.

Conclusiones

La producción científica en *corriente principal* de las instituciones adscritas al MES evidenció un crecimiento gradual durante los primeros seis años del Siglo XXI, y significó durante el período 2004-2006 el 53,3 % de la producción total del país. El 92 % de los trabajos publicados fueron artículos de investigación, y el 96 % fue publicado en idioma inglés. El 37,8 % de los artículos fue citado, y el 13,6 % se dio a conocer en las principales revistas de las correspondientes categorías temáticas del ISI.

Las Ciencias Químicas, Medicas y Biológicas, así como la Agricultura y las Ciencias Físicas, fueron los frentes de investigación donde se concentró la actividad científica realizada por las instituciones adscritas al Ministerio. La mayor especialización con respecto a la producción científica nacional se logró en Agricultura, Matemática y Estadística, Física y Química. La mayor visibilidad internacional, de acuerdo con el factor de impacto de las revistas donde se publicaron los artículos, se obtuvo en las Ciencias de la Tierra, las Ciencias Médicas y Químicas, y las Ingenierías; y los mayores índices de impacto, de acuerdo con la cantidad de citas recibidas por los artículos, se obtuvieron en las Ciencias Médicas, Químicas y Biológicas.

Las Ciencias Físicas, las Ingenierías, las Ciencias Químicas, las Ciencias de la Tierra y las Ciencias Biológicas, fueron las áreas temáticas con mayor índice de internacionalización. España, México y Brasil fueron los principales países colaboradores. La influencia de la colaboración internacional en los indicadores de visibilidad e impacto alcanzados por la investigación, se puso de manifiesto de manera general, y muy particularmente en las Ciencias de la Tierra, la Agricultura, las Ciencias Médicas y Químicas, y las Ingenierías.

Si tenemos en cuenta que el presente estudio no contempla las 65 entidades nacionales de educación superior –donde se incluyen las instituciones universitarias pertenecientes a los diferentes ministerios que conforman los organismos centrales del estado cubano–, sino solamente aquellas instituciones subordinadas directamente al MES, entonces se hace evidente el

protagonismo del sector universitario dentro del Sistema Nacional de Ciencia e Innovación Tecnológica.

Los cambios y transformaciones estructurales y conceptuales que se llevan a cabo en la Educación Superior cubana, orientados hacia la universalización de la enseñanza universitaria para la obtención de una matrícula acorde con las proyecciones de desarrollo del país, con un marcado compromiso social y en la búsqueda constante de un desarrollo humano sostenible, están siendo acompañados por un intenso trabajo en el mejoramiento de la eficiencia económica, y en el crecimiento de la actividad investigativa.

El estudio del comportamiento de la actividad científica de las instituciones de Educación Superior y su peso dentro del sistema nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación tecnológica; así como los desniveles geográficos y temáticos presentes en el crecimiento de la producción científica nacional, y en su visibilidad e impacto a nivel internacional, constituyen líneas de investigación priorizadas por la *Red de Estudios Cienciométricos sobre la Educación Superior Cubana*. Sin duda alguna, éstas serán el objeto de nuevos estudios y análisis cienciométricos, en aras de desarrollar políticas evaluativas de orden cualitativo que fomenten la producción científica nacional, y la hagan corresponder con los esfuerzos realizados por el país en la formación de capital humano.

Sirva pues, la presente monografía, como un punto de partida.

Bibliografía

- AHMED, S. M. Z.; MCKNIGHT, C., *et al.* A study of users' performance and satisfaction with the Web of Science IR interface. *Journal of Information Science*, 2004a, vol. 30, nº 5, p. 459-468.
- AHMED, T.; JOHNSON, B., *et al.* Highly cited old papers and the reasons why they continue to be cited. Part II. The 1953 Watson and Crick article on the structure of DNA. *Scientometrics*, 2004b, vol. 61, nº 2, p. 147-156.
- AKSNES, D. W. y TAXT, R. E. Peer reviews and bibliometric indicators: a comparative study at a Norwegian university. *Research Evaluation*, Apr 2004, vol. 13, nº 1, p. 33-41. Disponible en: <Go to ISI>://000221220800003 ISSN 0958-2029.
- ALTVATER-MACKENSEN, N.; BALICKI, G., *et al.* Science and technology in the region: The output of regional science and technology, its strengths and its leading institutions. *Scientometrics*, Jun 2005, vol. 63, nº 3, p. 463-529.
- ARAUJO RUÍZ, J. A.; ARENCIBIA JORGE, R., *et al.* Ensayos clínicos cubanos publicados en revistas de impacto internacional: estudio bibliométrico del período 1991-2001. *Revista Española de Documentación Científica*, 2002, vol. 25, nº 3, p. 254-266.
- ARAUJO RUÍZ, J. A.; VAN HOOYDONK, G., *et al.* Cuban scientific articles in ISI citation indexes and CubaCiencias databases (1988-2003). *Scientometrics*, Nov 2005, vol. 65, nº 2, p. 161-171.
- ARENCIBIA JORGE, R. y ARAUJO RUÍZ, J. A. La Producción científica cubana en la bibliografía española de ciencia y tecnología 1995-2001. *Revista Española de Documentación Científica*, 2004, vol. 27, nº 4, p. 469-481.
- ARUNACHALAM, S. y DOSS, M. J. Science in a small country at a time of globalisation: domestic and international collaboration in new biology research in Israel. *Journal of Information Science*, 2000, vol. 26, nº 1, p. 39-49.
- ÅSTRÖM, F. Visualizing Library and Information Science concept spaces through keyword and citation based maps and clusters. En Bruce, F.; Ingwersen, P. *et al.* (editor). *Emerging frameworks and methods: Proceedings of the fourth international conference on conceptions of Library and Information Science (CoLIS4)*. Greenwood Village: Libraries unlimited, 2002, p. 185-197.
- ATALLAH, G. y RODRIGUEZ, G. Indirect patent citations. *Scientometrics*, Jun 2006, vol. 67, nº 3, p. 437-465.
- BAILON-MORENO, R.; JURADO-ALAMEDA, E., *et al.* Analysis of the field of physical chemistry of surfactants with the Unified Scientometric Model. Fit of relational and activity indicators. *Scientometrics*, Apr 2005, vol. 63, nº 2, p. 259-276.
- BALDI, S. y HARGENS, L. L. Reassessing the N-Rays Reference Network - the Role of Self Citations and Negative Citations. *Scientometrics*, Oct 1995, vol. 34, nº 2, p. 239-253.
- BALDINI, N. The Act on inventions at public research institutions: Danish universities' patenting activity. *Scientometrics*, Nov 2006, vol. 69, nº 2, p. 387-407.
- BAPTIST, H.; PRIMAS, H., *et al.* The hypercatalog graz - Budapest (HyperKGB). *Proceedings of the Asis Annual Meeting*, 1997, vol. 34, nº p. 196-201.

- BARABASI, A. L.; ALBERT, R., *et al.* Mean-field theory for scale-free random networks. *Physica A*, Oct 1999, vol. 272, nº 1-2, p. 173-187. ISSN 0378-4371.
- BASU, A. y AGGARWAL, R. International collaboration in science in India and its impact on institutional performance. *Scientometrics*, Nov-Dec 2001, vol. 52, nº 3, p. 379-394.
- BASU, A. y KUMAR, B. S. V. International collaboration in Indian scientific papers. *Scientometrics*, Jul-Aug 2000, vol. 48, nº 3, p. 381-402.
- BENCE, V. y OPPENHEIM, C. The influence of peer review on the research assessment exercise. *Journal of Information Science*, 2004, vol. 30, nº 4, p. 347-368.
- BJORNEBORN, L. y INGWERSEN, P. Toward a basic framework for webometrics. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Dec 2004, vol. 55, nº 14, p. 1216-1227.
- BOOKSTEIN, A.; MOED, H., *et al.* Measures of international collaboration in scientific literature: Part I. *Information Processing & Management*, Dec 2006, vol. 42, nº 6, p. 1408-1421.
- BORGATTI, S. P. y EVERETT, M. G. Network analysis of 2-mode data. *Social Networks*, 1997, vol. 19, nº 3, p. 243-269.
- BORNER, K.; CHEN, C. M., *et al.* Visualizing knowledge domains. *Annual Review of Information Science and Technology*, 2003, vol. 37, nº p. 179-255.
- BOYACK, K. W. y BORNER, K. Indicator-assisted evaluation and funding of research: Visualizing the influence of grants on the number and citation counts of research papers. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Mar 2003, vol. 54, nº 5, p. 447-461.
- BOYACK, K. W.; KLAUVANS, R., *et al.* Mapping the backbone of science. *Scientometrics*, Aug 2005, vol. 64, nº 3, p. 351-374.
- BRAUN, T. y GLANZEL, W. Chemistry research in Eastern Central Europe (1992-1997) - Facts and figures on publication output and citation impact. *Scientometrics*, Oct 2000, vol. 49, nº 2, p. 187-213.
- BRAUN, T. y SCHUBERT, A. Dimensions of scientometric indicator datafiles - World science in 1990-1994. *Scientometrics*, Jan 1997, vol. 38, nº 1, p. 175-204.
- CANO, V. Characteristics of the Publishing Infrastructure of Peripheral Countries - a Comparison of Periodical Publications from Latin-America with Periodicals from the Us and the Uk. *Scientometrics*, Sep 1995, vol. 34, nº 1, p. 121-138.
- CAÑEDO ANDALIA, R. Los análisis de citas en la evaluación de los trabajos científicos y las publicaciones seriadas. *ACIMED*, 1999, vol. 7, nº 1, p. 30-39.
- CARPENTER, M. P.; GIBB, F., *et al.* Bibliometric Profiles for British Academic-Institutions - an Experiment to Develop Research Output Indicators. *Scientometrics*, Sep 1988, vol. 14, nº 3-4, p. 213-233. Disponible en: <Go to ISI>://A1988Q110000004 ISSN 0138-9130.
- CASE, D. O. y HIGGINS, G. M. How can we investigate citation behavior? A study of reasons for citing literature in communication. *Journal of the American Society for Information Science*, May 2000, vol. 51, nº 7, p. 635-645.
- CINDOC. *Proyecto de obtención de indicadores de producción científica de la Comunidad de Madrid (PIPCYT)*. Madrid: Centro de Información y Documentación Científica, 2005.

- COSIJN, E. y INGWERSEN, P. Dimensions of relevance. *Information Processing & Management*, Jul 2000, vol. 36, nº 4, p. 533-550.
- COURTIAL, J. P. y GOURDON, L. A scientometric approach to autism based on translation sociology. *Scientometrics*, Oct 1997, vol. 40, nº 2, p. 333-355.
- CRANE, D. *Invisible college: diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1972.
- CHEN, C. M. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Feb 1 2006, vol. 57, nº 3, p. 359-377.
- . Visualizing scientific paradigms: An introduction. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Mar 2003, vol. 54, nº 5, p. 392-393.
- CHEN, C. M.; MCCAIN, K., et al. Mapping the knowledge. En *Asist 2002: Proceedings of the 65th Asist Annual Meeting, Vol 39, 2002*. Medford: INFORMATION TODAY INC, 2002a, vol. 39, p. 511-512.
- . Mapping Scientometrics (1981-2001). En *Asist 2002: Proceedings of the 65th Asist Annual Meeting, Vol 39, 2002*. Medford: INFORMATION TODAY INC, 2002b, vol. 39, p. 25-34.
- CHINCHILLA RODRÍGUEZ, Z. *Análisis del dominio científico español: 1995-2002 (ISI, Web of Science)*. Departamento de Biblioteconomía y Documentación. Universidad de Granada, 2004.
- DE ARMAS, R.; TORRES CUEVAS, E., et al. *Historia de la Universidad de La Habana*. La Habana: Editorial Ciencias Sociales, 1984.
- DE MOYA-ANEGON, F.; VARGAS-QUESADA, B., et al. Visualizing and analyzing the Spanish science structure: ISI Web of science 1990-2005. *Profesional De La Informacion*, Jul-Aug 2006, vol. 15, nº 4, p. 258-269. Disponible en: <Go to ISI>://000239696400003 ISSN 1386-6710.
- DEBACKERE, K. y GLANZEL, W. Using a bibliometric approach to support research policy making: The case of the Flemish BOF-key. *Scientometrics*, 2004, vol. 59, nº 2, p. 253-276.
- EGGHE, L. New informetric aspects of the Internet: some reflections - many problems. *Journal of Information Science*, 2000, vol. 26, nº 5, p. 329-335.
- ENGELS, A.; RUSCHENBURG, T., et al. Recent internationalization of global environmental change research in Germany and the US. *Scientometrics*, Jan 2005, vol. 62, nº 1, p. 67-85. Disponible en: <Go to ISI>://000227040500004 ISSN 0138-9130.
- FABA PEREZ, C.; GUERRERO BOTE, V. P., et al. "Situation" distributions and Bradford's law in a closed Web space. *Journal of Documentation*, 2003, vol. 59, nº 5, p. 558-580.
- FECYT. *Indicadores bibliométricos de la actividad científica española*. Granada: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004.
- FERNÁNDEZ CAMINO, I. y GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, W. La investigación en la educación superior. En Martín Sabina, E. (editor). *Informe nacional sobre educación superior en Cuba*. Caracas: IESALC/UNESCO, 2003, p. 81-86.
- FRAME, J. D. y CARPENTER, M. P. International research collaboration. *Social Studies of Science*, 1979, vol. 9, nº p. 481-497.

- FRY, J. Scholarly research and information practices: a domain analytic approach. *Information Processing & Management*, Jan 2006, vol. 42, nº 1, p. 299-316.
- GARCIA-ZORITA, C.; MARTIN-MORENO, C., *et al.* Institutional addresses in the Web of Science: the effects on scientific evaluation. *Journal of Information Science*, 2006, vol. 32, nº 4, p. 378-383.
- GARCÍA DEL PORTAL, J. M. Desarrollo histórico de la educación superior. En Martín Sabina, E. (editor). *Informe nacional sobre educación superior en Cuba*. Caracas: IESALC/UNESCO, 2003, p. 6-14.
- GARFIELD, E. *Citation indexing: Its theory and applications in science, technology and humanities*. New York: Wiley, 1979.
- . The History and meaning of the Impact Factor. *Journal of The American Medical Association*, 2006, vol. 295, nº 1, p. 90-93.
- . How to use citation analysis for faculty evaluations and whwn is it relevant. Part 1. *Current Contents*, 1983, vol. 44, nº p. 5-13.
- GARG, K. C.; KUMAR, S., *et al.* Scientometric profile of Indian agricultural research as seen through Science Citation Index Expanded. *Scientometrics*, Jul 2006, vol. 68, nº 1, p. 151-166. Disponible en: <Go to ISI>://000239601400008 ISSN 0138-9130.
- GEISLER, E. The measurement of scientific activity: Research directions in linking philosophy of science and metrics of science and technology outputs. *Scientometrics*, Feb 2005, vol. 62, nº 2, p. 269-284.
- GLANZEL, W. *Bibliometrics as a research field: A course on theory and application of bibliometric indicators*. Leuven: Katholique University of Leuven, 2003. Course Handouts.
- . The need for standards in bibliometric research and technology. *Scientometrics*, Feb 1996, vol. 35, nº 2, p. 167-176.
- GLANZEL, W.; LETA, J., *et al.* Science in Brazil. Part 1: A macro-level comparative study. *Scientometrics*, Apr 2006, vol. 67, nº 1, p. 67-86.
- GLANZEL, W. y SCHOEPLIN, U. "Little Scientometrics, Big Scientometrics ... and Beyond". *Scientometrics*, 1994, vol. 30, nº 2-3, p. 375-384.
- GÓMEZ CARIDAD, I.; FERNÁNDEZ MUÑOZ, M. T., *et al.* La producción científica española en medicina en los años 1994-1999. *Rev. Clin. Esp.*, 2004, vol. 204, nº p. 75-88.
- GOMEZ, I.; SANCHO, R., *et al.* Influence of Latin American journals coverage by international databases. *Scientometrics*, Nov-Dec 1999, vol. 46, nº 3, p. 443-456.
- GUAN, J. C. y MA, N. A comparative study of research performance in computer science. *Scientometrics*, 2004, vol. 61, nº 3, p. 339-359. Disponible en: <Go to ISI>://000224460100004 ISSN 0138-9130.
- GUZMÁN SÁNCHEZ, M. V.; SAAVEDRA FERNÁNDEZ, O., *et al.* Medición de la producción científica en América Latina y el Caribe en el campo agrícola: un estudio bibliométrico. *Revista Española de Documentación Científica*, 2002, vol. 25, nº 2, p. 151-161.
- GUZMÁN SÁNCHEZ, M. V.; SANZ CASADO, E., *et al.* Bibliometric study on vaccines (1990-1995) part I: Scientific production in Iberian-American countries. *Scientometrics*, Oct 1998, vol. 43, nº 2, p. 189-205.

- GUZMÁN SÁNCHEZ, M. V. y SOTOLONGO AGUILAR, G. Mapas tecnológicos para la estrategia empresarial. Situación tecnológica de la neisseria meningitidis. *ACIMED*, 2002, vol. 10, n° 4, Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol10_4_02/aci010402.htm.
- HAGSTROM, W. O. *The scientific community*. New York: Basic Books, 1965.
- HARA, N.; SOLOMON, P., *et al.* An emerging view of scientific collaboration: Scientists' perspectives on collaboration and factors that impact collaboration. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Aug 2003, vol. 54, n° 10, p. 952-965.
- HARTER, S. P. Psychological relevance and information science. *Journal of the American Society for Information Science*, 1992, vol. 43, n° 9, p. 602-615.
- HEMLIN, S. y GUSTAFSSON, M. Research production in the arts and humanities - A questionnaire study of factors influencing research performance. *Scientometrics*, Nov-Dec 1996, vol. 37, n° 3, p. 417-432.
- HERNON, P. y SCHWARTZ, C. Peer review revisited. *Library & Information Science Research*, 2006, vol. 28, n° 1, p. 1-3.
- HERNON, P. P. y SCHWARTZ, C. C. Peer review. *Library & Information Science Research*, 2001, vol. 23, n° 1, p. 1-3.
- HICKS, D. The difficulty of achieving full coverage of international social science literature and the bibliometric consequences. *Scientometrics*, Feb 1999, vol. 44, n° 2, p. 193-215.
- HJORLAND, B. Domain analysis in information science - Eleven approaches - traditional as well as innovative. *Journal of Documentation*, 2002, vol. 58, n° 4, p. 422-462.
- HJORLAND, B. y ALBRECHTSEN, H. Toward a New Horizon in Information Science - Domain Analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, Jul 1995, vol. 46, n° 6, p. 400-425.
- HOEFFEL, C. Journal impact factors. *Allergy*, 1998, vol. 53, n° 12, p. 1225.
- JANSSENS, F.; LETA, J., *et al.* Towards mapping library and information science. *Information Processing & Management*, Dec 2006, vol. 42, n° 6, p. 1614-1642.
- KAMADA, T. y KAWAI, S. An algorithm for drawing general undirected graph. *Information Processing Letters*, 1989, vol. 31, n° 1, p. 7-15.
- KAPLAN, N. The norms of citation behavior: Prolegomena to the footnote. *American Documentation*, 1965, vol. 16, n° p. 179-184.
- KATZ, J. S. Geographical proximity and scientific collaboration. *Scientometrics*, 1994, vol. 31, n° 1, p. 34-43.
- KATZ, J. S. y MARTIN, B. R. What is research collaboration. *Research Policy*, 1997, vol. 26, n° 1, p. 1-18.
- KAVUNENKO, L.; KHOREVIN, V., *et al.* Comparative analysis of journals on social sciences and humanities in Ukraine and the world. *Scientometrics*, Dec 2005, vol. 66, n° 1, p. 123-132.
- KIM, K. The motivation for citing specific references by social scientists in Korea: The phenomenon of co-existing references. *Scientometrics*, 2004, vol. 59, n° 1, p. 79-93.

- KIM, M. J. A bibliometric analysis of physics publications in Korea, 1994-1998. *Scientometrics*, Mar-Apr 2001, vol. 50, n° 3, p. 503-521.
- KLAVANS, R. y BOYACK, K. W. Identifying a better measure of relatedness for mapping science. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Jan 15 2006, vol. 57, n° 2, p. 251-263.
- KODAMA, F. Technology fusion and the new R+D. *Harvard Business Review*, 1992, vol. 70, n° p. 70-78.
- KOLJATIC, M. y SILVA, M. The international publication productivity of Latin American countries in the economics and business administration fields. *Scientometrics*, Jun 2001, vol. 51, n° 2, p. 381-394.
- KOSTOFF, R. N. Federal, Research Impact Assessment - Axioms, Approaches, Applications. *Scientometrics*, Oct 1995, vol. 34, n° 2, p. 163-206.
- . The metrics of science and technology. *Scientometrics*, Feb 2001, vol. 50, n° 2, p. 353-361.
- KRAUSKOPF, M. y VERA, M. I. Assessment of scientific profiles and capabilities of PhD programs in Chile: A scientometric approach. *Scientometrics*, Nov-Dec 1997, vol. 40, n° 3, p. 569-577.
- KRAUSKOPF, M.; VERA, M. I., et al. A Citationist Perspective on Science in Latin-America and the Caribbean, 1981 - 1993. *Scientometrics*, Sep 1995, vol. 34, n° 1, p. 3-25.
- KUHN, T. S. *The Structure of Scientific Revolutions*. 2nd Ed ed. Chicago & Londres: University of Chicago Press, 1970.
- LAGE, A. *Ciencia y soberanía: los retos y las oportunidades* [Consultado el: 4 de julio de 2007]. (Reflexiones sobre el Desarrollo de la Biotecnología en Europa y América Latina). Disponible en: <http://www.cuba.cu/ciencia/acc/anales9.htm>.
- LANCASTER, F. W.; PORTA, M. A., et al. Factors affecting sources cited by scientific: a case study of Cuba. *Scientometrics*, 1986, vol. 37, n° 5-6, p. 243-257.
- LARIVIERE, V.; ARCHAMBAULT, E., et al. The place of serials in referencing practices: Comparing natural sciences and engineering with social sciences and humanities. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Jun 2006a, vol. 57, n° 8, p. 997-1004.
- LARIVIERE, V.; GINGRAS, Y., et al. Canadian collaboration networks: A comparative analysis of the natural sciences, social sciences and the humanities. *Scientometrics*, Dec 2006b, vol. 68, n° 3, p. 519-533.
- LATOUR, B. y WOOLGAR, S. *Laboratory life: The construction of scientific facts*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986.
- LETA, J. y CHAIMOVICH, H. Recognition and international collaboration: the Brazilian case. *Scientometrics*, Mar-Apr 2002, vol. 53, n° 3, p. 325-335.
- LEYDESDORFF, L. Clusters and maps of science journals based on bi-connected graphs in Journal Citation Reports. *Journal of Documentation*, 2004, vol. 60, n° 4, p. 371-427.
- LEYDESDORFF, L. y HELLSTEN, I. Measuring the meaning of words in contexts: An automated analysis of controversies about 'Monarch butterflies,' 'Frankenfoods,' and 'stem cells'. *Scientometrics*, May 2006, vol. 67, n° 2, p. 231-258.
- LICEA DE ARENAS, J.; VALLES, J., et al. Investigación cubana en agricultura: un enfoque bibliométrico *Ciencias de la Información*, 1994, vol. 25, n° 3, p. 136-141.

- LINARES COLUMBIÉ, R. Las investigaciones cuantitativas y cualitativas en ciencia de la información: algunas consideraciones. *Forinf@: Revista iberoamericana sobre usuarios de la información*, 2001, nº 11, p. 11-14. Disponible en: <http://lemi.uc3m.es/forinf@/IMG/pdf/info-11.pdf>.
- LINDHOLMROMANTSCHUK, Y. y WARNER, J. The role of monographs in scholarly communication: An empirical study of philosophy, sociology and economics. *Journal of Documentation*, Dec 1996, vol. 52, nº 4, p. 389-404.
- LODAHL, J. B. y GORDON, G. The structure of scientific fields and the functioning of university graduate departments. *American Sociological Review*, 1972, vol. 37, nº p. 57-72.
- LUNDBERG, J.; TOMSON, G., *et al.* Collaboration uncovered: Exploring the adequacy of measuring university-industry collaboration through co-authorship and funding. *Scientometrics*, Dec 2006, vol. 69, nº 3, p. 575-589.
- LUUKKONEN, T.; PERSSON, O., *et al.* Understanding patterns of international scientific collaboration. *Science, Technology and Human Values*, 1992, vol. 17, nº 1, p. 101-126.
- LUUKKONEN, T.; TIJSEN, R. J. W., *et al.* The measurement of international scientific collaboration. *Scientometrics*, 1993, vol. 28, nº 1, p. 15-36.
- MACÍAS CHAPULA, C. A. Papel de de informetría y de la cienciometría y su perspectiva nacional e internacional. *ACIMED*, 2001, vol. 9, nº Supl., p. 35-41.
- MACROBERTS, M. H. y MACROBERTS, B. R. Problems of citation analysis: A critical review. *Journal of the American Society for Information Science*, 1989, vol. 40, nº p. 342-349.
- MARSHAKOVA-SHAIKEVICH, I. Scientific collaboration of new 10 EU countries in the field of social sciences. *Information Processing & Management*, Dec 2006, vol. 42, nº 6, p. 1592-1598.
- MARTIN, B. R. The use of multiple indicators in the assessment of basic research. *Scientometrics*, Jul-Aug 1996, vol. 36, nº 3, p. 343-362.
- MARTÍN SABINA, E.; BALMASEDA NEYRA, O., *et al.* Estructura y funcionamiento de la educación superior. En Martín Sabina, E. (editor). *Informe nacional sobre educación superior en Cuba*. Caracas: IESALC/UNESCO, 2003, p. 15-38.
- MARTÍNEZ, E. y ALBORNOZ, M. *Indicadores de Ciencia y Tecnología: estado del arte y perspectivas*. Caracas: Nueva Sociedad-UNESCO, 1998.
- MEADOWS, A. J. y O'CONNOR, J. G. Bibliographic statistics as a guide to growth point in science. *Science Studies*, 1971, vol. 1, nº p. 95-99.
- MES. *La Educación superior en Cuba*. La Habana: Ministerio de Educación Superior, 1984.
- MEYER, M. Measuring science-technology interaction in the knowledge-driven economy: The case of a small economy. *Scientometrics*, Jan 2006, vol. 66, nº 2, p. 425-439.
- MIGUEL, S.; MOYA ANEGÓN, F. D., *et al.* Aproximación metodológica para la identificación del perfil y patrones de colaboración de dominios científicos universitarios. *Revista Española de Documentación Científica*, 2006, vol. 29, nº 1, p. 36-55.
- MILGRAM, S. The small world problem. *Psychology Today*, 1967, vol. 1, nº p. 61-67.
- MOED, H. F. *Bibliometric Rankings of World Universities*. Centre for Science and Technology Studies (CWTS), University of Leiden. 2006

- MORAVCSIK, M. y MORUGESAN, P. Some results on the function and quality of citation *Social Studies of Science*, 1975, vol. 5, nº p. 86-92.
- MORILLO, F.; BORDONS, M., *et al.* Interdisciplinarity in science: A tentative typology of disciplines and research areas. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Nov 2003, vol. 54, nº 13, p. 1237-1249.
- MOYA-ANEGON, F.; HERRERO-SOLANA, V., *et al.* A connectionist and multivariate approach to science maps: the SOM, clustering and MDS applied to library science research and information. *Journal of Information Science*, 2006, vol. 32, nº 1, p. 63-77.
- MOYA ANEGÓN, F. D.; CHINCHILLA-RODRIGUEZ, Z., *et al.* Coverage analysis of Scopus: A journal metric approach. *Scientometrics*, 2007a, vol. 73, nº 1, p. 53-78.
- MOYA ANEGÓN, F. D.; CHINCHILLA RODRÍGUEZ, Z., *et al.* Análisis de dominio institucional: la producción científica de la Universidad de Granada (SCI, 1991-99). *Revista Española de Documentación Científica*, 2005, vol. 28, nº 2, p. 170-195.
- . *Visualización de redes de colaboración internacional [En línea]* [Consultado el: 10 de agosto de 2007]. Disponible en: www.scimago.es/benjamin/265.pdf
- MOYA ANEGÓN, F. D. y FERNÁNDEZ MOLINA, J. C. Perspectivas epistemológicas "humanas" en la documentación. *Revista Española de Documentación Científica*, 2002, vol. 25, nº 3, p. 241-253.
- MOYA ANEGÓN, F. D.; VARGAS QUESADA, B., *et al.* Visualizing and analyzing the Spanish science structure: ISI Web of science 1990-2005. *Profesional De La Informacion*, Jul-Aug 2006, vol. 15, nº 4, p. 258-269.
- MUTSCHKE, P. y HAASE, A. Q. Collaboration and cognitive structures in social science research fields. Towards socio-cognitive analysis in information systems. *Scientometrics*, Nov-Dec 2001, vol. 52, nº 3, p. 487-502.
- NAGPAUL, P. S. Contribution of Indian Universities to the Mainstream Scientific Literature - a Bibliometric Assessment. *Scientometrics*, Jan 1995, vol. 32, nº 1, p. 11-36.
- NAGPAUL, P. S. y ROY, S. Constructing a multi-objective measure of research performance. *Scientometrics*, 2003, vol. 56, nº 3, p. 383-402.
- NARIN, F.; STEVENS, K., *et al.* Scientific Cooperation in Europe and the Citation of Multinationally Authored Papers. *Scientometrics*, Jul-Aug 1991, vol. 21, nº 3, p. 313-323. Disponible en: <Go to ISI>://A1991GA28300005 ISSN 0138-9130.
- NARVAEZ-BERTHELENOT, N. An Index to Measure the International Collaboration of Developing-Countries Based on the Participation of National Institutions - the Case of Latin-America. *Scientometrics*, Sep 1995, vol. 34, nº 1, p. 37-44.
- NARVAEZ-BERTHELENOT, N. y RUSSELL, J. M. World distribution of social science journals: A view from the periphery. *Scientometrics*, May 2001, vol. 51, nº 1, p. 223-239.
- NEDERHOF, A. J. Bibliometric monitoring of research performance in the social sciences and the humanities: A review. *Scientometrics*, Dec 2005, vol. 66, nº 1, p. 81-100.
- NEGRAES BRISOLLA, S. Indicadores para apoyar la toma de decisiones. *ACIMED*, 2000, vol. 9, nº Supl., p. 126-130.
- NELSON, M. J. Visualization of citation patterns of some Canadian journals. *Scientometrics*, May 2006, vol. 67, nº 2, p. 279-289.

- NEWMAN, M. E. J. Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results. *Physical Review E*, 2001a, vol. 64, n° 1, p. 016131. Disponible en: <http://link.aps.org/abstract/PRE/v64/e016131>
- . Scientific collaboration networks. II. Shortest paths, weighted networks, and centrality. *Physical Review E*, 2001b, vol. 64, n° 1, p. 016132. Disponible en: <http://link.aps.org/abstract/PRE/v64/e016132>
- NICOLAISEN, J. Citation analysis. *Annual Review of Information Science and Technology*, 2007, vol. 41, n° p. 609-641.
- NÚÑEZ JOVER, J. *La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar [En línea]* Organización de Estados Americanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, [Consultado el: 6 de febrero de 2007]. Disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/nunez00.htm>.
- ORTIZ RIVERA, L. A.; SANZ CASADO, E., *et al.* Scientific production in Puerto Rico in science and technology during the period 1990 to 1998. *Scientometrics*, Nov-Dec 2000, vol. 49, n° 3, p. 403-418.
- PERSSON, O.; GLANZEL, W., *et al.* Inflationary bibliometric values: The role of scientific collaboration and the need for relative indicators in evaluative studies. *Scientometrics*, 2004, vol. 60, n° 3, p. 421-432.
- PETTIGREW, K. E.; FIDEL, R., *et al.* Conceptual frameworks in information Behavior. *Annual Review of Information Science and Technology*, 2001, vol. 35, n° p. 43-78.
- PIERCE, S. J. Silencing Scientists and Scholars in other fields: Power, paradigm controls, peer review and scholarly communication. *Library & Information Science Research*, 1999, vol. 21, n° 3, p. 415-417.
- POLANCO, X.; IVANA, R., *et al.* User science indicators in the Web context and co-usage analysis. *Scientometrics*, Dec 2005, vol. 66, n° 1, p. 171-182.
- PRAVDIC, N. y OLUIC-VUKOVIC, V. Dual approach to multiple authorship in the study of collaborator/scientific output relationship. *Scientometrics*, 1986, vol. 10, n° 5-6, p. 259-280.
- PRICE, D. J. D. S. *Little science, big science*. New York: Columbia University Press, 1963.
- PRICE, D. J. D. S. y BEAVER, D. B. Collaboration in an invisible college. *American Psychologist*, 1966, vol. 21, n° p. 1011-1018.
- PRIME, C.; BASSECOULARD, E., *et al.* Co-citations and co-sitations: A cautionary view on an analogy. *Scientometrics*, 2002, vol. 54, n° 2, p. 291-308.
- PULIDO, M.; GONZALEZ, J. C., *et al.* Original Articles Published in Medicina-Clinica (1962-1992) - Number of Authors, Interval between Acceptance and Publication, and References. *Medicina Clinica*, Dec 1994, vol. 103, n° 20, p. 770-775.
- REYES BARRAGÁN, M. J.; GUERRERO BOTE, V. P., *et al.* Proyección internacional de la investigación de Extremadura (1990-2002). *Revista Española de Documentación Científica*, 2006, vol. 29, n° 4, p. 525-550.
- RICYT. *El Estado de la Ciencia 2006 [En línea]* Disponible en: <http://www.ricyt.edu.ar/interior/interior.asp?Nivel1=6&Nivel2=5&IdDifusion=20>.
- RINIA, E. J.; VAN LEEUWEN, T. N., *et al.* Impact measures of interdisciplinary research in physics. *Scientometrics*, Feb 2002, vol. 53, n° 2, p. 241-248. Disponible en: <Go to ISI>://000174407200006 ISSN 0138-9130.

- . Comparative analysis of a set of bibliometric indicators and central peer review criteria - Evaluation of condensed matter physics in the Netherlands. *Research Policy*, May 1998, vol. 27, nº 1, p. 95-107. Disponible en: <Go to ISI>://000074230700006 ISSN 0048-7333.
- . Influence of interdisciplinarity on peer-review and bibliometric evaluations in physics research. *Research Policy*, Mar 2001, vol. 30, nº 3, p. 357-361. Disponible en: <Go to ISI>://000167193800001 ISSN 0048-7333.
- RIP, A. Qualitative conditions of scientometrics: The new challenges. *Scientometrics*, Jan 1997, vol. 38, nº 1, p. 7-26.
- ROUSSEAU, R. Indicadores bibliométricos y econométricos en la evaluación de instituciones científicas. *ACIMED*, 2001, vol. 9, nº Suppl., p. 50-60.
- RUSSELL, J. Obtención de indicadores bibliométricos a partir de la utilización de las herramientas tradicionales de información. En *VIII Congreso internacional de la Información INFO'2004. Ciudad de La Habana, 12 al 16 de abril. 2004*.
- SANCHO, R. Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*, 1990, vol. 13, nº 3-4, p. 842-865.
- SANCHO, R.; BERNAL, G., *et al.* Approach to the Cuban Scientific Activity by Using Publication Based Quantitative Indicators (1985-1989). *Scientometrics*, Nov-Dec 1993, vol. 28, nº 3, p. 297-312.
- SANCHO, R.; MORILLO, F., *et al.* Indicadores de colaboración científica inter-centros en los países de América Latina. *Interciencia*, 2006, vol. 31, nº 4, p. 284-292.
- SANTOS GUTIÉRREZ, S. C. y ALPÍZAR SANTANA, M. Financiamiento de la educación superior. En Martín Sabina, E. (editor). *Informe nacional sobre educación superior en Cuba*. Caracas: IESALC/UNESCO, 2003, p. 63-70.
- SANZ CASADO, E.; SUAREZ BALSEIRO, C., *et al.* Bibliometric mapping of scientific research on prion diseases, 1973-2002. *Information Processing & Management*, Jan 2007, vol. 43, nº 1, p. 273-284.
- SANZ MENÉNDEZ, L. *Evaluación de la investigación y sistema de ciencia [En línea]* Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), [Consultado el: 7 de noviembre de 2006]. Disponible en: www.iesam.csic.es/doctrab2/dt-0407.pdf
- SCHUMMER, J. Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and patterns of research collaboration in nanoscience and nanotechnology. *Scientometrics*, 2004, vol. 59, nº 3, p. 425-465.
- SEN, B. K. Documentation Note Normalized Impact Factor. *Journal of Documentation*, Sep 1992, vol. 48, nº 3, p. 318-325. Disponible en: <Go to ISI>://A1992JL00700005 ISSN 0022-0418.
- SEN, S. K. y SHARMA, H. P. A note on growth of superconductivity patents with two new indicators. *Information Processing & Management*, Dec 2006, vol. 42, nº 6, p. 1643-1651.
- SHRUM, W. View from afar: 'visible' productivity of scientists in the developing world. *Scientometrics*, Oct 1997, vol. 40, nº 2, p. 215-235.
- SMALL, H. Cited documents as concept symbols. *Social Studies of Science*, 1978, vol. 8, nº p. 327-340.

- SMITH, M. The trend toward multiple authorship in psychology. *American Psychologist*, 1958, vol. 13, nº p. 596-599.
- SNIZEK, W. E. Some Observations on the Use of Bibliometric Indicators in the Assignment of University Chairs. *Scientometrics*, Feb 1995, vol. 32, nº 2, p. 117-120.
- SO, C. Y. K. Citation ranking versus expert judgment in evaluating communication scholars: Effects of research specialty size and individual prominence. *Scientometrics*, Mar-Apr 1998, vol. 41, nº 3, p. 325-333.
- SPINAK, E. *Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informetría*. Caracas: UNESCO, 1996.
- . Indicadores cienciométricos. *ACIMED*, 2001, vol. 9, nº Suppl., p. 42-49.
- STIRLING, D. A. Editorial peer review: Its strengths and weaknesses. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Sep 2001, vol. 52, nº 11, p. 984-985.
- STORER, N. W. The internationality of science and the nationality of scientists. *International Science Journal*, 1970, vol. 22, nº p. 87-104.
- TALJA, S.; TUOMINEN, K., *et al.* "Isms" in information science: constructivism, collectivism and constructionism. *Journal of Documentation*, 2005, vol. 61, nº 1, p. 79-101.
- TEJA PÉREZ, J.; BIOSCA ADÁN, L., *et al.* La reforma universitaria de 1962 en la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de La Habana. *Revista Cubana de Educación Médica Superior [En línea]*, 2004, vol. 18, nº 3, Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-21412004000300008&script=sci_arttext.
- THELWALL, M.; VAUGHAN, L., *et al.* Webometrics. *Annual Review of Information Science and Technology*, 2005, vol. 39, nº p. 81-135.
- TORRES CUEVAS, E. y LOYOLA VEGA, O. *Historia de Cuba 1492-1898: Formación y liberación de la nación*. La Habana: Pueblo y Educación, 2001.
- TORRICELLA-MORALES, R. G.; VAN HOOYDONK, G., *et al.* Citation analysis of cuban research. Part 1. A case study: the Cuban Journal of Agricultural Science. *Scientometrics*, Feb 2000, vol. 47, nº 2, p. 413-426.
- TORRICELLA MORALES, R. G.; VAN HOOYDONK, G., *et al.* Estudio bibliométrico sobre la presencia de los autores cubanos en el "Web of Science" *DataGramaZero*, 2000, vol. 1, nº 4, Disponible en: http://www.dgz.org.br/ago00/F_1_art.htm.
- VAN LEEUWEN, T. N.; VISSER, M. S., *et al.* Holy Grail of science policy: Exploring and combining bibliometric tools in search of scientific excellence. *Scientometrics*, 2003, vol. 57, nº 2, p. 257-280.
- VAN RAAN, A. F. J. Fatal attraction: Conceptual and methodological problems in the ranking of universities by bibliometric methods. *Scientometrics*, Jan 2005, vol. 62, nº 1, p. 133-143.
- . The influence of international collaboration on the impact of research results - Some simple mathematical considerations concerning the role of self-citations. *Scientometrics*, Jul-Aug 1998, vol. 42, nº 3, p. 423-428.
- VARGAS JIMÉNES, S. A. y ALMUIÑAS RIVERO, J. L. Innovaciones, reformas y programas de desarrollo recientes. En Martín Sabina, E. (editor). *Informe nacional sobre educación superior en Cuba*. Caracas: IESALC/UNESCO, 2003, p. 108-115.

- VEGA ALMEIDA, R. L. Influencia del paradigma tecnológico en la organización de la información. *ACIMED*, 2007, vol. 15, nº 2, Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol15_02_07/aci06207.htm.
- VERBEEK, A. y DEBACKERE, K. Patent evolution in relation to public/private R&D investment and corporate profitability: Evidence from the United States. *Scientometrics*, Jan 2006, vol. 66, nº 2, p. 279-294.
- VESSURI, H. Recent Strategies for Adding Value to Scientific Journals in Latin-America. *Scientometrics*, Sep 1995, vol. 34, nº 1, p. 139-161.
- VINKLER, P. A quasi-quantitative citation model. *Scientometrics*, 1987, vol. 12, nº 1-2, p. 47-72.
- . Subfield problems in applying the Garfield (Impact) Factors in practice. *Scientometrics*, Feb 2002, vol. 53, nº 2, p. 267-279. Disponible en: <Go to ISI>://000174407200008 ISSN 0138-9130.
- VOGEL, E. E. Impact factor and international collaboration in Chilean physics: 1987-1994. *Scientometrics*, Feb 1997, vol. 38, nº 2, p. 253-263.
- WAGNER, C. S. Six case studies of international collaboration in science. *Scientometrics*, Jan 2005, vol. 62, nº 1, p. 3-26.
- WARNER, J. A critical review of the application of citation studies to the Research Assessment Exercises. *Journal of Information Science*, 2000, vol. 26, nº 6, p. 453-459.
- WASSERMAN, S. y FAUST, K. *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- WEINGART, P. Impact of bibliometrics upon the science system: Inadvertent consequences? *Scientometrics*, Jan 2005, vol. 62, nº 1, p. 117-131.
- WHITE, H. D. Pathfinder networks and author cocitation analysis: A remapping of paradigmatic information scientists. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Mar 2003, vol. 54, nº 5, p. 423-434.
- . Reward, persuasion, and the Sokal Hoax: A study in citation identities. *Scientometrics*, 2004, vol. 60, nº 1, p. 93-120.
- WHITE, H. D. y MCCAIN, K. W. Visualizing a discipline: An author co-citation analysis of information science, 1972-1995. *Journal of the American Society for Information Science*, Apr 1998, vol. 49, nº 4, p. 327-355.
- WHITE, M. D. Editorial peer review, its strengths and weaknesses. *Library & Information Science Research*, 2001, vol. 23, nº 4, p. 371-372.
- WIKGREN, M. Critical realism as a philosophy and theory in information science? *Journal of Documentation*, 2005, vol. 61, nº 1, p. 11-22.
- WOUTERS, P. Citation cycles and peer review cycles. *Scientometrics*, Jan 1997, vol. 38, nº 1, p. 39-55.
- YOSHIKANE, F. y KAGEURA, K. Comparative analysis of coauthorship networks of different domains: The growth and change of networks. *Scientometrics*, 2004, vol. 60, nº 3, p. 433-444.
- ZUMELZU, E. Mainstream engineering publishing in Latin America: The Chilean experience. *Scientometrics*, Sep 1997, vol. 40, nº 1, p. 3-12.

Sobre los autores:



Ricardo Arencibia Jorge: Nacido en Ciudad de La Habana, Cuba, el 30 de julio de 1975. Licenciado en Información Científico Técnica y Bibliotecología por la Facultad de Educación a Distancia de la Universidad de La Habana, en el 2005. Diploma de Estudios Avanzados por la Facultad de Biblioteconomía y Documentación de la Universidad de Granada, España, en el 2007. Especialista en Información del Centro Nacional de Investigaciones Científicas desde el 2000. Miembro del grupo gestor de la *Red de Estudios Cienciométricos sobre la Educación Superior Cubana*. Autor de numerosos artículos científicos en el campo de los estudios métricos de la información. Editor asociado de la revista *ACIMED* (Cuba) y miembro del comité editorial de las revistas *Ciencias de la Información* (Cuba) y *Biblios* (Perú). Editor para Cuba del repositorio internacional *Eprints for Library and Information Science* (E-LIS).



Félix de Moya Anegón: Nacido en Ciudad Real, España, el 26 de enero de 1955. Licenciado en Historia por la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Granada en 1977. Doctor en Documentación en Información Científico Técnica, en la misma universidad, en 1992. Profesor Titular de la Facultad de Biblioteconomía y Documentación desde 1995, y Catedrático de la Universidad de Granada desde el 2000. Ha ocupado numerosos cargos administrativos dentro de la universidad y fuera de ella. Vicerrector de nuevas tecnologías desde 2004 hasta el 2008. Vocal del Consejo Andaluz de Bibliotecas y Centros de Documentación desde el 2006. Líder del grupo de investigación SCImago, gestor a su vez de importantes proyectos como el *Atlas de la Ciencia*, el *Ranking Iberoamericano de Instituciones de Investigación*, y el más reciente *SCImago Journal & Country Rank*. Autor de numerosas monografías y artículos científicos en el campo de la visualización de los dominios informativo documentales y los estudios métricos de la información.